



Universidade de Brasília
Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e
Ciência da Informação e Documentação - FACE.
Departamento de Economia

TESTANDO MONOCENTRICIDADE NO BRASIL: ESTUDO DE CASO DAS REGIÕES METROPOLITANAS

Henrique Zelenovsky

Orientador: Marcelo de Oliveira Torres

Brasília
Novembro, 2014.



Universidade de Brasília
Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e
Ciência da Informação e Documentação - FACE.
Departamento de Economia

TESTANDO MONOCENTRICIDADE NO BRASIL: ESTUDO DE CASO DAS REGIÕES METROPOLITANAS

Henrique Zelenovsky

Orientador: Marcelo de Oliveira Torres

Monografia de conclusão
de curso de Bacharel
em Ciências
Econômicas. Universidade de
Brasília – UnB

Brasília

Novembro, 2014

Zelenovsky, Henrique

Testando monocentricidade no Brasil: estudo de caso das regiões metropolitanas../ Zelenovsky, Henrique. Brasília – Brasília, 2014,67pág. i1.

Monografia (bacharelado) – Universidade de Brasília, Departamento de Economia, 2014

Orientador: Prof.Marcelo de Oliveira Torres,
Departamento de Economia

1. Monocentricidade2. Descentralização 3. Regiões metropolitanas 4. Economia urbana



Testando monocentricidade no Brasil: estudo de caso das regiões metropolitanas

Henrique Zelenovsky

Banca Examinadora

.....
Orientador: Marcelo de Oliveira Torres

.....
Professor Moisés de Andrade Resende Filho

Brasília, Novembro de 2014

Agradecimentos

Resumo

Este trabalho tem por objetivo testar a monocentricidade para as principais regiões metropolitanas brasileiras em uma longa série histórica. Com esse intuito, fez-se uso de um modelo matemático conhecido como método de Mills, que busca estimar como a densidade populacional varia à medida que se distancia do centro de uma determinada região. Trata-se, ainda, do conceito de monocentricidade e das economias e deseconomias associadas à aglomeração, bem como de outras formas de se testar a monocentricidade.

Palavras-Chave: Monocentricidade; Descentralização; Regiões metropolitanas; Economia urbana.

Abstract

This paper intends to test monocentricity for the most relevant Brazilian metropolitan regions, analyzed in several years. In order to accomplish so, a mathematic model, known as Mills method, has been used, which estimates how the population density varies with the distance from the center of a given region. The concepts of monocentricity and economies and diseconomies associated with agglomeration have also been commented, as well as other ways of testing monocentricity.

Keywords: Monocentricity; Decentralization; Metropolitan regions; Urban economics.

Lista de Figuras

Figura 1.....	3
Figura 2.....	21
Figura 3.....	22
Figura 4.....	23
Figura 5.....	25
Figura 6.....	28
Figura 7.....	29
Figura 8.....	31
Figura 9.....	32
Figura 10	34
Figura 11	35
Figura 12	38
Figura 13	38
Figura 14	41
Figura 15	42
Figura 16	44
Figura 17	45
Figura 18	48
Figura 19	48

Lista de Tabelas

Tabela 1	20
Tabela 2	24
Tabela 3	27
Tabela 4	30
Tabela 5	33
Tabela 6	37
Tabela 7	40
Tabela 8	43
Tabela 9	47

Sumário

1. Introdução	1
2. Monocentricidade e o processo de descentralização.....	3
2.1 O modelo monocêntrico	3
2.2 Economias e deseconomias de aglomeração	7
3. Modelos de teste de monocentricidade	9
4. Dados e resultados	17
4.1 Dos dados.....	17
4.2 Dos resultados	19
4.2.1 Região Metropolitana de Belo Horizonte	20
4.2.2 Região Metropolitana de Curitiba.....	23
4.2.3 Região Metropolitana de Fortaleza.....	26
4.2.4 Região Metropolitana de Natal.....	29
4.2.5 Região Metropolitana de Porto Alegre	33
4.2.6 Região Metropolitana de Recife	36
4.2.7 Região Metropolitana do Rio de Janeiro.....	39
4.2.8 Região Metropolitana de Salvador.....	42
4.2.9 Região Metropolitana de São Paulo.....	46
5. Conclusão	50
6. Referência Bibliográfica	52

1. Introdução

A monocentricidade é raramente defendida no caso brasileiro, sendo mais comumente aceitos os modelos policêntricos. Contudo, este trabalho pretende realizar um estudo, por meio de um modelo matemático, sobre as principais regiões metropolitanas brasileiras com o intuito de testar a hipótese monocêntrica de que há uma área central, onde a densidade populacional e os preços da terra e de moradia são maiores que no resto da região, decrescendo à medida que a distância do centro aumenta. As regiões metropolitanas estudadas são as Regiões Metropolitanas de Belo Horizonte, Curitiba, Fortaleza, Natal, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo.

Com esse intuito, em primeiro lugar, no capítulo 2, será feita uma breve revisão de literatura com o objetivo de se definir o modelo monocêntrico, seus pressupostos e suas principais previsões, bem como os elementos envolvidos na escolha do indivíduo ao decidir entre viver próximo ou distante do centro. Em seguida trata-se das economias e deseconomias associadas à aglomeração, além de se abordar brevemente o processo de descentralização.

Alguns modelos que buscam testar a monocentricidade serão comentados no capítulo 3, com o intuito de se entender como esse teste de monocentricidade é realizado e os resultados já obtidos na literatura. Além disso, nesse mesmo capítulo se explica o modelo que será usado no presente trabalho para se testar a monocentricidade no caso brasileiro, explicitando-se todas as etapas e todos os detalhes desse modelo.

O capítulo 4 apresenta os dados levantados referentes à população de todos os municípios de cada uma das regiões metropolitanas e da área territorial dos municípios centrais, para a adequação do modelo que será utilizado, bem como os resultados obtidos ao se fazer uso desses dados dentro do modelo mencionado. O que se espera obter é a demonstração da monocentricidade, representado pelo sinal negativo do gradiente de densidade populacional, β , uma das variáveis do modelo matemático empregado, o que se traduz numa maior densidade populacional dentro do município central do que no restante da região metropolitana.

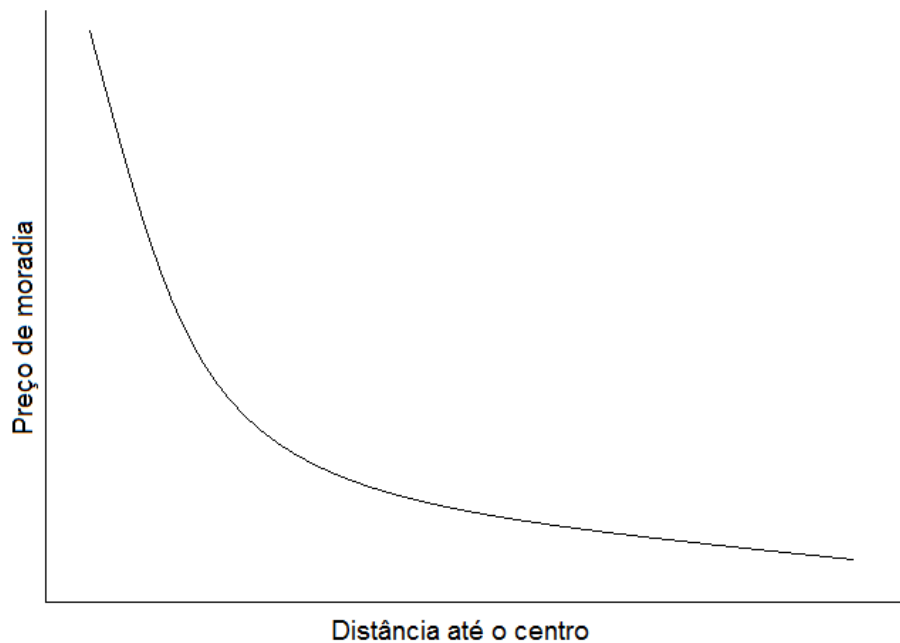
Os resultados obtidos serão tratados de maneira individual para as regiões metropolitanas, ou seja, os resultados para cada uma dessas regiões serão tratados em tópicos específicos, sendo abordadas particularidades das mesmas, procurando-se explicar as diferenças entre os resultados.

2. Monocentricidade e o processo de descentralização

2.1. O modelo monocêntrico

O modelo monocêntrico supõe a existência de uma área dentro da cidade onde as pessoas e as atividades, tanto econômicas quanto de lazer, se concentram. Dessa forma, a demanda por terra tende a ser mais alta em áreas próximas ao CBD, fazendo com que haja uma tendência decrescente de várias variáveis conforme a distância do centro aumenta, entre elas a densidade populacional, o preço da terra e o preço da moradia. Assim, a relação entre essas variáveis e a distância do centro, representada graficamente, deve ser semelhante ao gráfico exposto a seguir (O'Sullivan, 2003; Kraus, 2008).

Figura 1



A figura 1 acima busca representar a queda observada nos preços de moradia conforme a distância para o centro da cidade aumenta. Essa tendência de queda pode ser representada matematicamente por uma função de $P_h(d)$, uma vez que

$$\frac{\partial P_h(d)}{\partial d} = \frac{-t}{H(d)}, \quad [1]$$

onde $P_h(d)$ é o preço da moradia, d é a distância com relação ao centro e $H(d)$ é o consumo de moradia, expresso em unidades de área, em um determinado local a d

milhas do centro. No modelo acima, cada viagem para o CBD custa t unidades monetárias por milha. A negatividade do lado direito da igualdade garante o caráter decrescente da curva. Vale notar que a função preço de moradia em relação à distância d do centro ($P_h(d)$) pode ser representada, no caso da maioria das cidades, pelo gráfico acima (McMillen, 2008).

Um dos desdobramentos do modelo monocêntrico diz respeito às escolhas dos agentes ao escolher onde fixar residência. Conforme visto, os preços de moradia são maiores em áreas próximas do centro. Por outro lado, os custos de deslocamento são menores em áreas próximas do centro. Assim, toma forma um *trade-off* entre gastos com moradia (aluguéis) e gastos com locomoção. Percebe-se, então, que os agentes levam em consideração essas duas variáveis ao decidir questões referentes à localização (Pereira et al., 2011; O'Sullivan, 2003).

O'Sullivan (2008) lembra que algumas suposições dos modelos monocêntricos mais simples, ao serem afrouxadas, podem tornar a curva da função $P_h(d)$ ainda mais acentuada. A primeira delas é a desconsideração do custo de tempo de deslocamento, que, se levado em conta, aumenta o custo total de se viver longe do centro. A segunda suposição ignora os custos de locomoção para atividades não relacionadas à produção, dentre elas o lazer. Finalmente, o modelo supõe que cada casa possui apenas um agente que necessita se deslocar para o centro da cidade. A existência de mais de um residente em uma casa aumenta os custos ligados à decisão de se viver fora do centro da cidade. O afrouxamento desses pressupostos implicaria em maior atratividade em se viver próximo do CBD, uma vez que os custos de locomoção tenderiam a aumentar.

Contudo, a suposição de que toda a oferta de emprego está localizada no centro é provavelmente a mais forte do modelo monocêntrico. Mas, mesmo com o relaxamento desse pressuposto, Malpezzi (2003) afirma que a maior densidade na área central persiste, desde que haja naquela região uma maior quantidade de empregos ofertados do que no resto da cidade.

O *trade-off* entre gastos com moradia e gastos com locomoção guia os agentes que habitam uma determinada área urbana a escolherem se desejam viver em áreas próximas do CBD ou nos subúrbios. Dentro desse contexto, percebe-se,

empiricamente, que quanto maior a renda de família, maior será sua demanda por moradia (expressa em área, usualmente m²), assim como também serão maiores os gastos de deslocamento. Contudo, argumenta-se que a elasticidade-renda do custo de moradia é maior que a elasticidade-renda dos custos de locomoção, fazendo com que haja, principalmente nos Estados Unidos, uma tendência de concentração de famílias de alta renda nos subúrbios e de famílias de baixa renda nos centros. Essa tendência é inversa no caso de diversos países, o que será analisado mais à frente (Kraus, 2008; O'Sullivan, 2003).

O'Sullivan (2003) lista alguns fatores que incentivam o movimento de moradores para as áreas suburbanas. O processo de deterioração do centro, com o envelhecimento das moradias ofertadas em contraste com as novas dos subúrbios empurra parte da população para fora do centro; a existência de conflitos raciais e maior incidência criminal nos centros também contribui para a suburbanização das cidades; a superioridade das escolas de áreas suburbanas também contribui para o processo. Além disso, em muitas cidades, há maiores atribuições fiscais nos centros que nos subúrbios, também contribuindo para que mais famílias saiam do CBD. É importante lembrar que essas tendências são mais observáveis em determinados países, como é o caso dos Estados Unidos, do que em outros, como os países da América Latina e vários países Europeus, onde os centros apresentam maior média de renda do que os subúrbios.

No caso de diversas cidades latino-americanas e europeias, o processo de suburbanização ocorre de forma diferente daquela observada nos Estados Unidos. Isso pode ser explicado, pelo menos parcialmente, por particularidades culturais e de infraestrutura. No caso das cidades europeias, a presença de elementos culturais e de entretenimento, como teatros e museus, aumenta a atratividade dos centros, fazendo com que haja maior concentração de famílias de renda alta, além de haver ocorrido ali uma preferência pelo transporte público, diferentemente do que ocorreu nos Estados Unidos. Já no caso das cidades latino-americanas, pode ser argumentado que, devido aos altos custos de locomoção, as viagens para o centro da cidade se tornam mais caras, fazendo com que a elasticidade-renda dos custos de locomoção se torne mais alta relativamente à elasticidade-renda da demanda por moradia (Nechyba et al., 2004; O'Sullivan, 2003).

Para o caso específico das cidades brasileiras, a densidade populacional e o preço de moradia não são especialmente altos nos distritos do centro histórico, o que poderia dar a entender que essas cidades não se adequariam ao modelo monocêntrico. Contudo, quando se considera o conceito de centro expandido, ou seja, a soma dos distritos centrais e dos distritos ao redor, percebe-se que os dados empíricos se adequam ao modelo monocêntrico. Em outras palavras, o denominado centro histórico apresenta densidade populacional e preço de moradia relativamente baixos, mas o centro expandido apresenta essas variáveis com valores altos. Os centros das cidades brasileiras costumam ser degradados e ter problemas de criminalidade, fazendo com que sejam áreas menos desejáveis para se fixar residência (Massara, 2002).

Apesar de, conforme afirmado por Tatsch (2013), as tecnologias da informação e os progressos tecnológicos na área de transportes não terem diminuído a importância dos centros, entende-se que eles, de fato, reduziram os custos associados à escolha de se viver nos subúrbios. Conforme se pode perceber na equação [1], a redução da variável t , que informa o preço de locomoção por milha, torna a curva obtida pela função $P_h(d)$ menos inclinada, o que, em outras palavras, significa um centro menos populoso e uma área suburbana maior e mais desenvolvida. Assim, percebe-se que sempre que houver uma redução dos custos de locomoção, traduzida numa redução dos custos ligados à escolha de se viver nos subúrbios, haverá um incentivo aos residentes a se localizarem neles, fomentando o fenômeno do espalhamento (Brueckner et al., 2011; McMillen, 2008).

Percebe-se, assim, a importância do estudo do *trade-off* enfrentado pelos agentes das cidades e as formas tomadas pelas cidades. Um dos temas mais relevantes relacionados a tal questão é o processo de descentralização, isto é, a tendência recente de que os centros passem a ter uma densidade populacional menor em comparação às outras áreas. O mesmo processo se verifica quando se considera uma determinada região metropolitana, ou seja, percebe-se que o município central gradualmente perde densidade populacional quando comparado com os outros municípios que integram a região metropolitana (McMillen, 2008).

2.2. Economias e deseconomias de aglomeração

A proximidade das atividades econômicas dentro das cidades trazem grandes vantagens para todos que se situam nela ou em suas redondezas, sejam eles os empresários que escolhem se localizar próximos uns dos outros, sejam eles os trabalhadores empregados nas empresas, ou seja, todos querem estar no local onde as coisas acontecem. As aglomerações de atividades dentro das cidades oferecem, por meio de uma mistura entre competição e cooperação entre as empresas e os agentes, um ambiente extremamente favorável para a produção e a inovação. Dessa forma, seria de se esperar o surgimento de uma área dentro das cidades onde se concentram as atividades e as pessoas, conhecida como centro ou CBD (do inglês *central business district*) (Domingues et al., 2006; Tatsch, 2013).

Convergindo para a confirmação da suposição acima, um dado contido em O'Sullivan (2003) aponta que uma área metropolitana típica apresenta, aproximadamente, 22% dos empregos localizados dentro do raio de 3 milhas do centro. Apesar do crescente desenvolvimento das áreas suburbanas nas últimas décadas, estimulado, principalmente, pela redução de custos de locomoção, o centro continua sendo uma área desejável para se viver e instalar negócios. Dessa forma, é apenas natural que a densidade populacional e a demanda e o preço da terra e da moradia sejam inversamente proporcionais com relação à distância do centro (Kraus, 2008).

O fenômeno do espalhamento urbano (crescimento urbano no sentido horizontal, o que acaba por aumentar a área ocupada pela cidade de forma acentuada), se traduz num processo de descentralização, contudo, vale notar que essa aparente perda de importância dos centros das cidades não compromete o modelo monocêntrico, que será exposto a seguir. Diversos estudos empíricos demonstram, por meio de regressões econométricas, que mesmo cidades onde o espalhamento é extremamente acentuado, se comportam relativamente bem quando analisadas pelo modelo monocêntrico (Brueckner et al., 2011; O'Sullivan, 2003).

É comumente aceito entre os economistas urbanos que cidades mais compactas, na maioria dos casos, tendem a ser menos prejudiciais ao meio ambiente, apesar de, possivelmente, trazer prejuízos com relação ao bem estar para os residentes. Ainda

relacionadas ao espalhamento urbano, outras deseconomias podem ser listadas, como o aumento do congestionamento e o fenômeno do *blight* (processo pelo qual uma cidade, ou parte dela, anteriormente funcional passa a sofrer deterioração, abandono, desvalorização, em geral de forma associada à falta de investimento). Nesse contexto, é apenas natural o surgimento de esforços no que diz respeito a políticas urbanas que procurem reduzir o espalhamento (Gaigné et al., 2012; Brueckner et al., 2011).

As questões dos danos ambientais e dos congestionamentos podem ser entendidas, em parte, ao se pensar que, quando há um grande número de pessoas vivendo em áreas suburbanas ao mesmo tempo em que no centro se concentra a maior oferta de empregos da cidade, se verifica um grande trânsito de trabalhadores que se deslocam entre os subúrbios e o CBD diariamente, seja para trabalharem, seja para obterem serviços apenas disponíveis lá. Naturalmente, derivado desse intenso trânsito, surge o congestionamento, com grande volume de poluentes sendo emitidos, com consequentes danos ambientais e de bem estar. Nesse mesmo sentido, entende-se que há também uma relação inversa entre densidade populacional e consumo *per capita* de gasolina, fazendo com que cidades mais densas, mais compactas, sejam mais eficientes em termos de consumo de energia (Brueckner et al., 2011; Gaigné et al., 2012; Malpezzi et al., 2003).

Com o excessivo desenvolvimento das áreas suburbanas, a área total ocupada pela cidade aumenta, sendo necessários investimentos maiores, uma vez que uma área mais extensa precisa ser inserida dentro do sistema público de transporte e no esquema de segurança e policiamento, além de se fazer necessário uma maior quantidade de escolas e hospitais que atendam de forma eficiente tanto a população do centro quanto a dos diferentes subúrbios. Isso tudo reflete a ineficiência ligada ao espalhamento. Vale lembrar ainda que essa necessidade aumentada por investimentos não está necessariamente ligada à receita da cidade, podendo haver um aumento muito maior dos gastos necessários do que das receitas (Brueckner et al., 2011; Laurila, 2011).

É comum que planejadores urbanos desejem, por meio de políticas, reverter o processo de espalhamento, tornando a cidade mais compacta. Em geral, essas políticas focam em aumentar os custos ligados à decisão de se viver fora do centro,

o que pode se dar, por exemplo, com a implementação de pedágios para aqueles que se deslocam dos subúrbios para o centro, ou impostos sobre imóveis localizados nos subúrbios (Kok et al., 2014; Bruecknet et al., 2011).

Alguns problemas, contudo, decorrem da aplicação desse tipo de políticas urbanas. Primeiramente, argumenta-se que as mesmas podem afastar o tamanho da cidade daquele que seria ótimo, isto é, que maximizaria tanto a produtividade quanto o bem estar dos residentes, uma vez que inibe a vinda de trabalhadores jovens, que Glaeser (2012) define como *green immigrants* (do inglês, imigrantes verdes), que seriam os jovens trabalhadores, em geral recém formados, que migram para cidades com disponibilidade de empregos, sendo fundamentais para o processo de inovação e criação de tecnologias (Nandwa et al., 2013).

Além disso, políticas como as citadas acima podem acabar por prejudicar as parcelas menos abastadas da população, que não têm condições de viver no centro da cidade ou nos subúrbios mais caros, de forma que limita mais ainda suas possibilidades de fixar residência. Outra crítica feita a esse tipo de políticas está baseada no fato de que elas comumente restringem excessivamente a liberdade do mercado de imóveis, o que pode prejudicar a produtividade da cidade, afastando-a de seu tamanho ótimo (Bruecknet et al, 2011; Kok et al, 2014).

3. Modelos de teste de monocentricidade

A monocentricidade para casos brasileiros pode ser visto como algo fora da realidade do país, uma vez que, como foi visto, o centro, propriamente dito, das cidades não têm uma densidade populacional ou preço de moradia especialmente altos. Contudo, quando se utiliza o conceito de centro expandido e se aplica os dados empíricos aos modelos de teste de monocentricidade, os resultados demonstram grande adequação aos modelos. Assim, a seguir serão apresentados diversos testes de monocentricidade que costumam ser utilizados para a aplicação de dados empíricos.

Para testar o modelo monocêntrico existem diversos testes que analisam como se distribui a população com relação à distância para o centro. As previsões são de que

a densidade populacional deve decrescer conforme a distância até o centro aumenta, com a intensidade dessa diminuição da densidade populacional variando de acordo com algumas variáveis, como os preços de moradia, os custos de locomoção e a renda. Nota-se que o efeito provocado pela renda pode ser ambíguo, uma vez que o mesmo depende das elasticidades da demanda por moradia e dos custos de locomoção, fazendo com que variações na renda tenham efeitos diferentes para cada cidade, dadas suas particularidades.

Para o levantamento e estudo de dados empíricos, o método mais utilizado tem sido o emprego de regressões econométricas, particularmente a função exponencial

$$\ln y_i = \alpha + \beta x_i + u_i, \quad [2]$$

onde x_i é a distância do centro até o local i , u_i é o termo correspondente ao erro, e α e β são parâmetros da regressão. A variável expressa por y_i pode representar o preço de moradia, o preço da terra ou a densidade populacional encontrada a uma distância de x_i quilômetros do centro (McMillen, 2008).

Há uma relação intuitiva entre preço de moradia, o preço da terra e a densidade populacional, o que possibilita que os três possam ser representador por y em [2], e que qualquer um deles possa ser utilizado para testar a monocentricidade. Essa relação é explicada pelo fato de que a maior oferta de empregos no CBD provoca uma maior demanda por moradia nessa área, o que faz com que o preço da terra e da moradia e a densidade populacional sejam tão maiores quanto for a oferta de empregos no centro. Kok et al. (2014) estabelece que há uma relação entre preço da terra e preço da moradia (McMillen, 2008).

Dada a equação [2], temos que β é o chamado gradiente (do inglês *gradient*), uma vez que cada unidade de distância (quilômetro ou milha) adicional causa uma alteração de 100β por cento em y . Tendo-se em vista que, quando o sinal de β for negativo, a primeira derivada de y_i com relação a x_i é negativa ($\partial y_i / \partial x_i = -\beta y_i < 0$) e a segunda derivada é positiva ($\partial^2 y_i / \partial x_i^2 = \beta y_i > 0$), tem-se que a equação [2] satisfaz o formato já analisado da função $P_h(d)$, isto é, com preço de moradia, preço da terra e densidade populacional decrescentes e com concavidade voltada para cima. Em

outras palavras, um β com sinal negativo se traduz em uma tendência decrescente de y_i (McMillen, 2008).

Para se obter resultados melhores, podem ser adicionados mais termos como x^2 , x^3 ou ambos. Outra abordagem interessante é a chamada *cubic spline*, na qual a variável correspondente à distância é dividida em intervalos iguais, obtendo-se fatias circulares do espaço urbano. Força-se, então, que a curva da função seja suave nos pontos de nó, isto é, quando se passa de uma divisão da distância para outra. Para ilustrar tal técnica, McMillen (2008) faz uso de um exemplo, qual seja,

$$\ln y_i = \alpha + \beta_1(x_i - x_0) + \beta_2(x_i - x_0)^2 + \beta_3(x_i - x_0)^3 + [\gamma_1(x_i - x_1)^3 D_1 + \gamma_2(x_i - x_2)^3 D_2 + \gamma_3(x_i - x_3)^3 D_3 + u_i,$$

onde D_k são variáveis *dummy* iguais a um quando $x_i > x_k$, sendo k cada uma das regiões em que a cidade foi dividida para a análise. Este trabalho em particular fará uso de desdobramentos da primeira dessas duas técnicas, representada pela equação [2], conforme será visto adiante.

Pode se perceber, então, ao se observar os testes expostos, que uma das formas de se estudar variáveis como preço de moradia, preço da terra ou densidade populacional, é a comparação dos resultados estimados para uma mesma cidade ao longo do tempo. Tal análise pode fornecer informações importantes sobre as escolhas da população ao longo dos anos e sobre o processo de descentralização. Alternativamente, caso haja disponibilidade de dados relativos a renda, custos de locomoção, população e valores da terra, pode-se comparar mais de uma cidade em um mesmo ano. Contudo, como o acesso a tais dados é limitado, tal abordagem raramente é realizada. De fato, o presente trabalho pretende comparar os resultados obtidos para cada cidade individualmente ao longo do tempo (McMillen, 2008).

Malpezzi (2003) realiza um estudo sobre a distribuição da população e a forma de 48 cidades ao redor do mundo, tanto de países desenvolvidos como de países em desenvolvimento. A primeira contribuição importante de tal estudo é um esforço de levantar dados referentes à disposição da população em diversas cidades, tendo em vista que a disponibilidade de dados é, talvez, o maior impeditivo de trabalhos realizados nessa área. Em segundo lugar, o estudo conclui que a tendência

decrecente da densidade populacional prevista pelo modelo monocêntrico pode ser verificada na maioria das cidades estudadas. As exceções encontradas costumam ser em decorrência de fatores exógenos, como é o caso da Cidade do Cabo, que se desenvolveu com uma história marcada pelo *apartheid*, e de Brasília, uma cidade planejada com regulamentação urbana extremamente rígida.

O modelo expresso pela equação [2] é abordado brevemente por Malpezzi (2003), que afirma que se adequa relativamente bem aos dados empíricos, especificamente para algumas cidades, mas que, contudo, não é satisfatório para outros casos. Os autores propõem uma forma alternativa de se medir e analisar a dispersão da população em uma área urbana. Para tanto, se teorizou um índice de dispersão, que é inversamente proporcional à densidade populacional da cidade, ou seja, tal índice será menor conforme a cidade for mais compacta.

Antes de se partir para a análise do modelo de índice de dispersão, torna-se necessário estabelecer alguns conceitos importantes. Em primeiro lugar, imagina-se que uma cidade pode ser dividida em i regiões, de acordo com características específicas da região, sendo a soma de todas as i regiões a totalidade da cidade. Em segundo lugar, imagina-se uma cidade perfeitamente circular, na qual a população está igualmente distribuída por sua extensão. Essa cidade é denominada cidade cilíndrica, uma vez que a densidade populacional estaria associada à altura do cilindro, sugerindo que os residentes da cidade estão igualmente distribuídos nela (Malpezzi et al., 2003).

O índice de dispersão citado acima é dado pela razão entre a distância média por pessoa até o centro, e a distância média por pessoa até o centro de uma cidade cilíndrica de mesma população e área construída. Assim, tem-se que o índice de dispersão pode ser obtido por

$$\rho = \frac{\sum_i d_i w_i}{C}, \quad [4]$$

em que p é o índice de dispersão, d é a distância entre a i -ésima região da cidade e o centro, w é a população naquela região, e C é o cálculo similar de uma cidade cilíndrica hipotética. Dessa forma, se a população da cidade em questão for distribuída igualmente por toda a sua área, o índice de dispersão será igual a 1. Vale lembrar que não se supõe que uma cidade cilíndrica seja particularmente ótima, mas ela serve apenas como uma base de comparação para a dispersão de cidades (Malpezzi et al., 2003).

Utilizando-se do método que acaba de ser exposto, Malpezzi (2003) consegue demonstrar que a grande maioria das 48 cidades estudadas se adequa muito bem à monocentricidade, apresentando a tendência decrescente da densidade populacional conforme a distância para o centro. Para os casos em que não se pôde identificar claramente um único CBD, fez-se uso de um ponto denominado centro de gravidade, que seria o ponto mais próximo de todos os centros de emprego e de comércio.

O método para se testar monocentricidade que será utilizado neste trabalho é o chamado *two-point method for population density*, proposto por Mills (citado em McMillen, 2008), que consiste em diversas manipulações matemáticas a partir da equação [2], de forma que se possa estimar o gradiente de densidade populacional a partir de dados sobre apenas algumas variáveis, útil quando a disponibilidade de dados é limitada. A seguir será explicado como se chega ao resultado obtido por Mills, que será aplicado para o estudo do gradiente para regiões metropolitanas.

A partir da equação [2], podemos reescrever a densidade populacional, y , como $P(d)/A(d)$, sendo $P(d)$ e $A(d)$, respectivamente, a população residente e a área territorial em um anel infinitesimal distante d quilômetros do centro. Considerando-se esse anel com largura d_x , temos que $A(d)$ pode ser escrito como $A(d) = 2\pi d_x d$, conforme demonstrado a seguir.

$$A(d) = \pi(d + d_x)^2 - \pi d^2$$

$$A(d) = \pi d^2 + 2\pi d_x d + \pi d_x^2 - \pi d^2$$

$$A(d) = 2\pi d_x d + \pi d_x^2$$

$$A(d) = 2\pi d_x d \left(1 + \frac{d_x}{2d}\right).$$

Como, para valores muito pequenos de d_x , $(1+d_x/2d)$ tende a 1, temos que $A(d)$ pode ser aproximado para $2\pi d_x d$. Reescreveremos a função de área para $A(d) = \Phi d$. O uso de Φ na função $A(d)$ simplifica a adequação do modelo para regiões metropolitanas com formato diferente do circular. Regiões metropolitanas situadas em áreas litorâneas, por exemplo, costumam apresentar forma semicircular, sendo mais bem representadas por $\Phi = \pi d_x$. Fazendo-se uso dessas operações, podemos escrever a equação [2] a partir das seguintes etapas:

$$\ln y = \alpha + \beta d$$

$$\ln \frac{P(d)}{A(d)} = \alpha + \beta d$$

$$\frac{P(d)}{A(d)} = e^{\alpha + \beta d}$$

$$P(d) = \Phi d e^{\alpha + \beta d}.$$

A etapa seguinte é obter a integral definida de $P(d)$, com valor superior $d = d_c$ e valor inferior $d = 0$, sendo d_c o raio do município central. Com o fim de facilitar a notação, a variável d será substituída por x :

$$P(x) = \Phi x e^{\alpha + \beta x} dx.$$

É preciso agora integrar esta função.

$$\int P(x) dx = \int \Phi x e^{\alpha + \beta x} dx.$$

Para a solução desta integral usamos a tabela de integrais oferecida por George B. Thomas Jr. (2009) que traz a seguinte solução:

$$\int x e^{ax} dx = \frac{e^{ax}}{a^2} (ax - 1) + C.$$

Adequando a integral desejada à expressão acima, ficamos com

$$\int P(x) dx = \int \Phi x e^{\alpha + \beta x} dx = \Phi e^{\alpha} \int x e^{\beta x} dx.$$

A solução para a integral definida entre os valores de $x = 0$ e $x = d_c$, temos que

$$\int_0^{d_c} P(x)dx = \Phi e^\alpha \left[\frac{e^{\beta d_c}}{\beta^2} (\beta d_c - 1) - \frac{e^0}{\beta^2} (-1) \right]$$

$$\int_0^{d_c} P(x)dx = \Phi e^\alpha \left[\frac{e^{\beta d_c}}{\beta^2} (\beta d_c - 1) + \frac{1}{\beta^2} \right]$$

$$\int_0^{d_c} P(x)dx = \frac{\Phi e^\alpha}{\beta^2} [1 - e^{\beta d_c} (1 - \beta d_c)].$$

Uma vez que a integral de $P(d)$ com valores de $d = 0$ a $d = d_c$ é justamente a população do município central, podemos escrever que

$$P_c = \frac{\Phi e^\alpha}{\beta^2} [1 - e^{\beta d_c} (1 - \beta d_c)].$$

Analogamente, pode-se permitir que d_c tenda a infinito para se obter uma aproximação da população de toda a região metropolitana. McMillen (2008) afirma que a suposição de que a região metropolitana se estende até o infinito implica em viés pequeno, sendo útil para simplificar a equação. Dessa forma temos que a população de toda a região metropolitana, P , cujo raio será chamado de d_m , que tende a infinito, pode ser escrita como

$$P = \frac{\Phi e^\alpha}{\beta^2} [1 - e^{\beta d_m} (1 - \beta d_m)]$$

Já que, para valores muito altos de d_m , $[1 - e^{\beta d_m} (1 - \beta d_m)]$ tende ao valor 1, podemos reescrever a equação acima como

$$P = \frac{\Phi e^\alpha}{\beta^2}$$

Dessa forma, divide-se as expressões encontradas para P_c e P , obtendo-se a seguinte equação:

$$\frac{P_c}{P} = [1 - e^{\beta d_c} (1 - \beta d_c)] \quad [5]$$

A partir da equação [5] é possível, conhecendo-se os valores de P_c , P e d_c , que se obtenha um valor razoavelmente próximo de β que solucione a equação. Dessa forma, é possível a obtenção de estimativas sobre o gradiente de densidade populacional para regiões metropolitanas. Dados censitários podem ser obtidos para que se encontre os valores de P_c e P ao longo dos anos, e d_c pode ser inferido a partir de dados sobre a área territorial do município central. É justamente isso que se pretende fazer no presente trabalho (McMillen, 2008).

A solução da equação [5] para o termo β não é algebricamente trivial, sendo mais simples se obter a solução numérica. Para tanto é necessária a manipulação da equação, de forma a se obter a seguinte função:

$$f(\beta) = \frac{P_c}{P} - [1 - e^{\beta d_c}(1 - \beta d_c)] = 0.$$

Dessa forma, o problema passa a ser encontrar o valor de β que torne a função igual a zero, ou seja, encontrar a raiz da função, sendo definida dentro do intervalo $[-1 \leq \beta \leq 1]$.

A ferramenta adequada para se obter a solução é o método da bissecção que, neste caso, trabalha-se definindo os limites do intervalo no qual se sabe que está a raiz e um ponto no meio deste intervalo, dividindo-se este intervalo em dois semi-intervalos. Para simplificar a expressão, denomina-se o limite à esquerda de β_E , o limite à direita de β_D e o ponto central $\beta_C = (\beta_E + \beta_D)/2$. Assim, tem-se o semi-intervalo à esquerda $[\beta_E, \beta_C]$ e o semi-intervalo à direita $[\beta_C, \beta_D]$. Em seguida calcula-se $f_E = f(\beta_E) \times f(\beta_C)$ e $f_D = f(\beta_C) \times f(\beta_D)$. Uma dessas duas funções, f_E ou f_D , deve ser menor que zero, indicando o novo intervalo no qual se deve buscar a raiz da função. Por exemplo, se $f_E < 0$, então a raiz está no semi-intervalo da esquerda e este semi-intervalo será dividido na metade e uma nova busca será feita. Repete-se o processo até que $f(\beta_C)$ esteja suficientemente próximo de zero. Esse processo está ilustrado pelo fluxograma no anexo A.

Para obter os valores dos gradientes, utilizou-se a ferramenta matemática *Matlab*®. A listagem do programa se encontra no anexo B.

4. Dados e resultados

4.1. Dos dados

O que se verifica, na prática, é que os planejadores e economistas urbanos costumam considerar uma determinada cidade como monocêntrica ou policêntrica, de acordo com sua forma. Contudo, em realidade, as cidades não são puramente monocêntricas ou policêntricas, mas apresentam um grau de monocentricidade ou de policentricidade. Conforme dito anteriormente, mesmo cidades policêntricas, isto é, sem um único CBD, se adequam bem ao modelo monocêntrico quando se faz uso de um centro de gravidade, que seria o ponto mais próximo de todos os centros de atividade econômica, usando-se esse ponto como se fosse o centro (Malpezzi et al., 2003). O objeto de estudo do presente trabalho, entretanto, não são cidades específicas, individualmente, mas regiões metropolitanas e as influências entre o município central e demais municípios, analisando-se o processo de descentralização e os gradientes de densidade populacional. Como poderá ser verificado a seguir, as regiões metropolitanas estudadas apresentam, todas, um município que é claramente central, muito mais populoso que qualquer outro da mesma região. Assim, torna-se razoável supor que os dados devem se enquadrar bem ao modelo monocêntrico.

Para realizar a análise proposta sobre as principais regiões metropolitanas brasileiras, foi realizado um esforço único de se levantar dados relativos à população de cada um dos municípios que integram cada uma das regiões metropolitanas em todos os anos censitários, além de dados sobre a área dos municípios centrais naqueles mesmos anos. Tais dados não haviam sido disponibilizados de forma consolidada por nenhum instituto ou autor. A fonte para o acesso a esses dados encontram-se acessíveis apenas por uma extensa tabela que traz os dados das populações de todos os mais de 5000 municípios do Brasil disponível apenas na biblioteca do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de forma relativamente desordenada, agrupados somente de acordo com o estado da federação.

O que se traz aqui é uma consolidação dos dados referentes às 9 principais regiões metropolitanas brasileiras, de forma simples e organizada, além da adequação

desses dados a um modelo de teste de monocentricidade, obtendo-se o gradiente de densidade populacional de cada uma dessas áreas, uma variável de grande importância para planejadores e economistas urbanos, que informa quantitativamente a redução da população quando se afasta uma unidade territorial do município central, além de se encontrar a razão entre a população dos municípios centrais e a população totais das regiões metropolitanas.

Dessa forma, se levantou os dados de população de cada município que integrava cada uma das regiões metropolitanas estudadas no ano de 2010. Esses dados foram levantados para todos os anos censitários, ou seja, para os anos de 1872, 1900, 1920, 1940, 1950, 1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010, conferindo grande relevância histórica para o presente trabalho. Esse foi um exaustivo esforço de se agregar os dados para os 11 anos de censo abrangendo um total de 208 municípios, incluindo os 9 municípios centrais de cada região. Além disso, foi agregada à pesquisa a área desses municípios centrais para todos os anos citados acima.

Semelhantemente, foram utilizados dados referentes à área territorial dos municípios centrais de cada uma dessas 9 regiões metropolitanas para todos os censos a partir de 1920. Os dados sobre a área territorial desses municípios para os anos de 1872 e 1900 não foram considerados confiáveis ou suficientes para gerar os resultados deste trabalho, portanto não serão incluídos.

Assim, a pesquisa resultou em um agregado estruturado de dados, outrora desorganizados, de forma que se possa obter informações relevantes acerca das regiões metropolitanas e dos municípios que as compõem, o que pode ser de grande utilidade para publicações futuras por pesquisadores interessados em estudar o assunto.

Como se poderá verificar a seguir, a relevância dos municípios centrais dentro das regiões metropolitanas, traduzida pelas variáveis P_c/P (razão entre população do município central e do total de todos os municípios da região metropolitana) e o valor absoluto de β (gradiente de densidade populacional), em geral se verifica relativamente baixa no início da série histórica, passa por uma ascendente até atingir um topo, em 1960 ou 1970, período marcado por fortes investimentos em infraestrutura, na maior parte dos casos, passando então a decrescer gradualmente,

explicitando o processo de descentralização, impulsionado, em grande parte, pelas mudanças no *trade-off* entre custos de locomoção e custos de moradia, explicado no primeiro capítulo, resultado das reduções dos custos de locomoção.

4.2. Dos resultados

Dados sobre as populações dos municípios das regiões metropolitanas e sobre as áreas territoriais dos municípios centrais dessas regiões foram utilizados, em cada observação, ou seja, em cada ano censitário, para se obter as variáveis relevantes ao modelo a ser utilizado, quais sejam, P_c/P , d_c e β . A seguir serão apresentados os resultados obtidos para cada região metropolitana, bem como comentário a respeito de particularidades encontradas em cada uma delas.

O principal resultado que se espera demonstrar é que o sinal encontrado para o gradiente, β , seja negativo em toda a série histórica. A implicação disso seria de que há uma redução da densidade populacional à medida que a distância até centro da região metropolitana aumenta, o que corrobora para as previsões do modelo monocêntrico. Assim, o sinal negativo de β aponta para a monocentricidade (McMillen, 2008).

Dessa forma, o valor de β representa a taxa pela qual a densidade populacional decresce conforme a distância até o centro da região, situado no município central. A dimensão assumida por β , portanto, está relacionada a como a densidade populacional decresce ao longo da região metropolitana.

Outro resultado que se espera observar é que, tanto a variável P_c/P quanto β , apresentem uma tendência de aumento até um determinado ano, no qual se atinge um ponto de máximo, e que nos anos seguinte haja uma tendência de queda, representando o processo de descentralização. A intuição por detrás disso é que os custos cada vez menores de deslocamento alterem o *trade-off* entregastos com moradia e gastos com locomoção, tornando mais atraente a decisão de se viver mais distante dos centros, o que contribui para a descentralização.

De fato, os valores de β encontrados foram todos negativos, o que significa que a densidade populacional apresenta tendência decrescente conforme a distância até o centro, argumentando a favor da monocentricidade. Além disso, observou-se que,

para todas as regiões metropolitanas, a taxa com a qual os valores de β caem após o ponto de máximo também decresce, ou seja, β caminha na direção de um ponto estável, ou até mesmo de uma possível reversão, de forma que os valores de β voltem a crescer.

4.2.1. Região Metropolitana de Belo Horizonte

Para a Região Metropolitana de Belo Horizonte, utilizou-se, para o cálculo da variável d_c , $\Phi = 2\pi d_x$, ou seja, supôs-se o formato dessa região como circular. A partir dessa suposição foi possível determinar os valores de d_c e, em seguida, de β para cada observação.

Tabela 1

	1872	1900	1920	1940	1950	1960
População do município central (P_c)	-	13472	55563	211377	346265	693328
População da região metropolitana (P)	99636	130421	184888	393658	559511	991871
P_c/P	-	0,103	0,301	0,537	0,619	0,699
Área do município central (km^2)	* ¹	*	339	222	334	335
d_c	-	-	10,388	8,406	10,311	10,326
β	-	-	-0,106	-0,214	-0,203	-0,236
	1970	1980	1991	2000	2010	
População do município central (P_c)	1235030	1780839	2020161	2238526	2375444	
População da região metropolitana (P)	1724229	2680710	3521765	4356351	4881058	
P_c/P	0,716	0,664	0,574	0,514	0,487	
Área do município central (km^2)	335	335	331,9	330,9	331,4	
d_c	10,326	10,326	10,278	10,263	10,271	
β	-0,244	-0,221	-0,187	-0,168	-0,159	

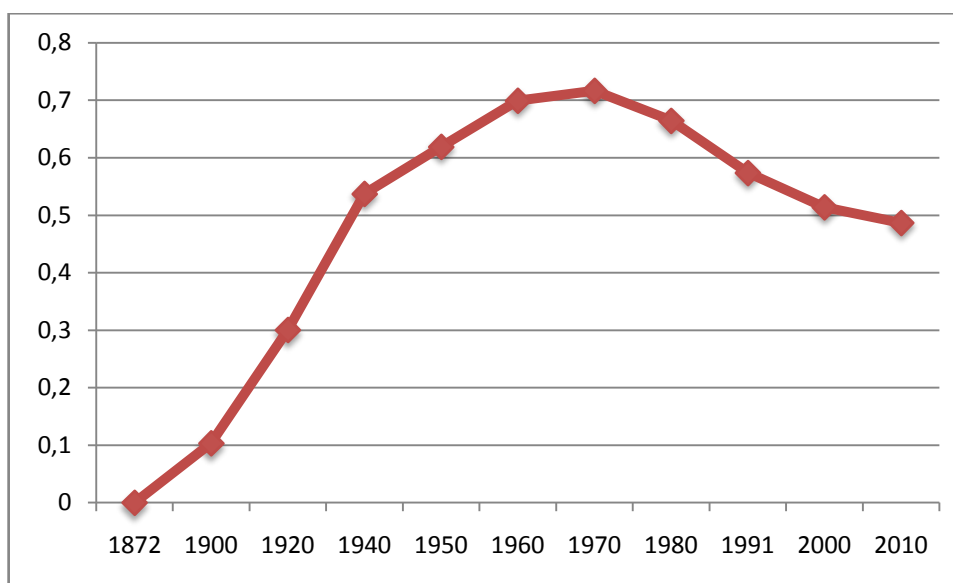
Fonte: IBGE (2011); IBGE (2013)

¹A área do município central para os anos de 1872 e 1900 não foi utilizada neste trabalho, uma vez que foi considerada pouco confiável. Por esse motivo também não puderam ser calculados os valores de d_c e β nesses anos.

Observa-se, na tabela 1, que o valor da variável P_o/P apresenta aumento a cada observação até o ano de 1970, em que $P_o/P = 0,716$. Após isso se verifica, conforme esperado, uma tendência de queda em todas as observações após 1970. A variável β se comporta de maneira semelhante, apresentando um ponto de máximo no ano de 1970.

Figura 2

Evolução de P_o/P na Região Metropolitana de Belo Horizonte



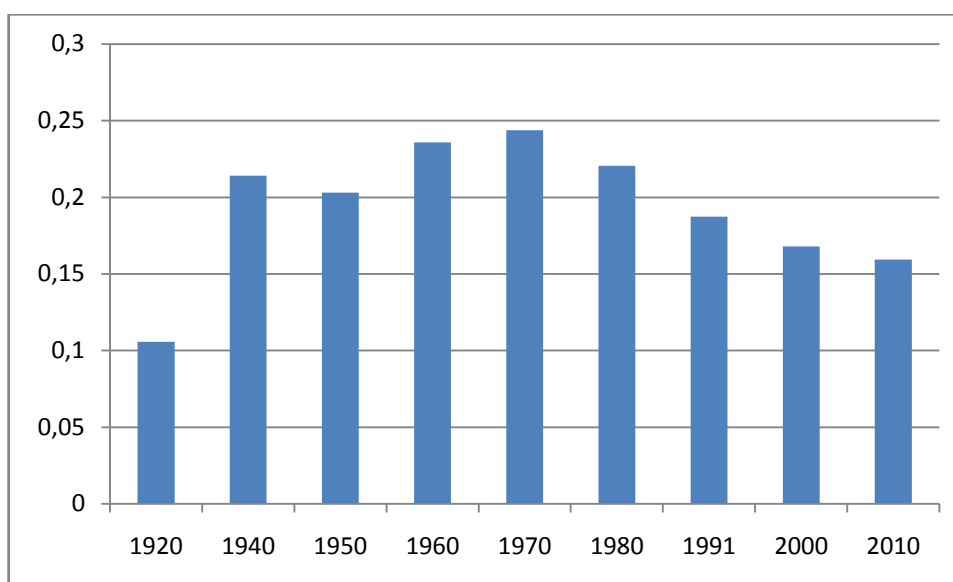
A figura 2, acima, ilustra a evolução da relação entre a população no município central e a população representada por P_o/P . Para o caso particular do ano de 1872, a população do município de Belo Horizonte era zero, uma vez que apenas viria a ser fundada no ano de 1897. A partir de 1900, contudo, a população passa a crescer e o município passa a ter maior relevância na região, o que é ilustrado pelo aumento de P_o/P até o ano de 1970. É a partir desse ponto que o valor de P_o/P começa a declinar, o que indica uma cada vez menor relevância de Belo Horizonte na região e o processo de descentralização.

A figura 3 apresenta os valores de β para cada ano, a partir de 1920, para a Região Metropolitana de Belo Horizonte. A tendência dos valores é parecida com a observada na análise da variável P_o/P . Dessa forma, se observa uma tendência de aumento dos valores absolutos entre 1920 e 1970, ano em que β atinge seu valor absoluto máximo. Após esse ano, inverte-se essa tendência, que passa a ser de queda até o final da série.

Observa-se, ainda, que os valores de β são sempre negativos, para série inteira, o que aponta para a monocentricidade, ou seja, o β sempre negativo explicita que há uma densidade populacional significativamente maior dentro do município central do que no resto da região metropolitana. Outro resultado interessante é que após a tendência de queda dos valores absolutos de β , a partir de 1970, essa variável parece caminhar para um ponto estável ou até para uma reversão dessa tendência, uma vez que as reduções de β são cada vez menores. Uma possível explicação para esse comportamento recente de β pode ser o crescente congestionamento e os limites impostos por ele. Cardoso (2007), em 2001, 66% dos deslocamentos diários tinham o município de Belo Horizonte como destino.

Figura 3²

Evolução de β na Região Metropolitana de Belo Horizonte



O valor encontrado para β no ano de 1940 pode chamar a atenção, uma vez que mostra um aumento abrupto do valor absoluto do gradiente com relação ao ano anterior, e uma posterior queda para o ano seguinte, apesar das populações do município central e de toda a região metropolitana não apresentarem esse mesmo comportamento. Contudo, essa variação é explicada pela mudança brusca da área territorial do município de Belo Horizonte apenas em 1940, passando para 222 km², enquanto para os outros anos esse valor permanece sempre entre 330 km² e 340 km².

²Os valores de β contidos na figura 3 estão todos expressos em termos de valores absolutos, contudo são todos negativos, conforme pode ser comprovado na tabela 1.

Assim, percebe-se que as variáveis estudadas se comportam da maneira esperada para a Região Metropolitana de Belo Horizonte, demonstrando o processo de descentralização da região. A única distorção ocorre no valor de β no ano de 1940, devido a uma questão de definição da área do município central.

O que se verifica na Região Metropolitana de Belo Horizonte é que os municípios conurbados com Belo Horizonte, como Contagem e Betim, passaram a concentrar grande parcela da população da região metropolitana, contribuindo para o declínio da relevância do município central dentro da região.

4.2.2. Região Metropolitana de Curitiba

Semelhantemente ao que se supôs para o caso de Belo Horizonte, o valor de Φ para a Região Metropolitana de Curitiba será aproximado para $\Phi = 2\pi d_x$, ou seja, a forma da região será tratada como circular. Assim, foi calculado o valor de d_c e de β para cada ano censitário.

O ponto em que a variável P_c/P atinge seu valor máximo é no ano de 1980, com pequena alteração com relação ao valor do ano anterior. Os valores de β se comportam de forma muito similar na maioria dos anos, com ponto de máximo também em 1980.

Figura 4

Evolução de P_c/P na Região Metropolitana de Curitiba

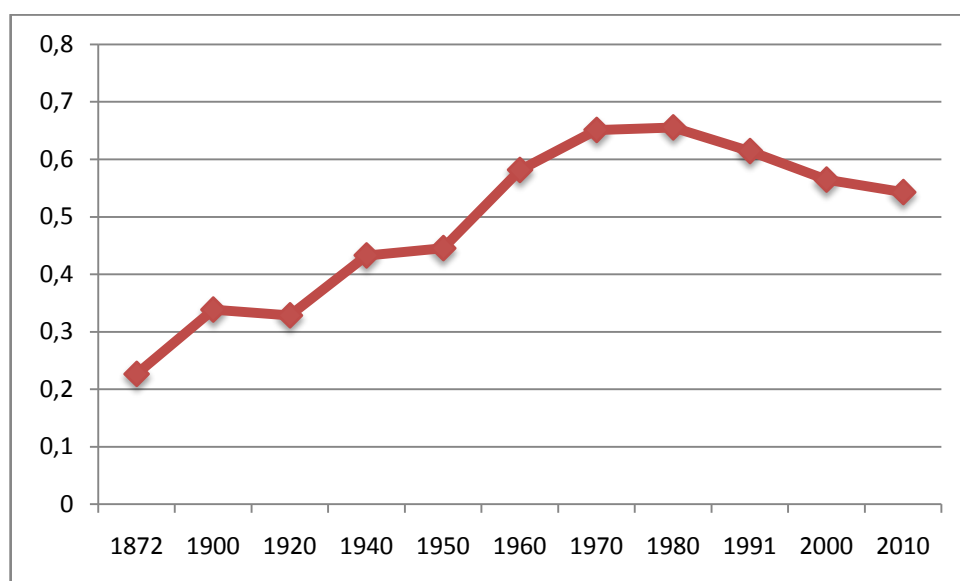


Tabela 2

	1872	1900	1920	1940	1950	1960
População do município central (P_c)	12651	49755	78986	140656	171453	361309
População da região metropolitana (P)	55890	147048	240623	325074	385226	621531
P_c/P	0,226	0,338	0,328	0,433	0,445	0,581
Área do município central (km ²)	* ³	*	609	1301	431	431
d_c	-	-	13,923	20,350	11,713	11,713
β	-	-	-0,084	-0,072	-0,129	-0,167
	1970	1980	1991	2000	2010	
População do município central (P_c)	609026	1024980	1315035	1587315	1746896	
População da região metropolitana (P)	935591	1563880	2140982	2813237	3218580	
P_c/P	0,651	0,655	0,614	0,564	0,543	
Área do município central (km ²)	431	431	430,9	430	435,3	
d_c	11,713	11,713	11,712	11,699	11,771	
β	-0,190	-0,191	-0,177	-0,162	-0,155	

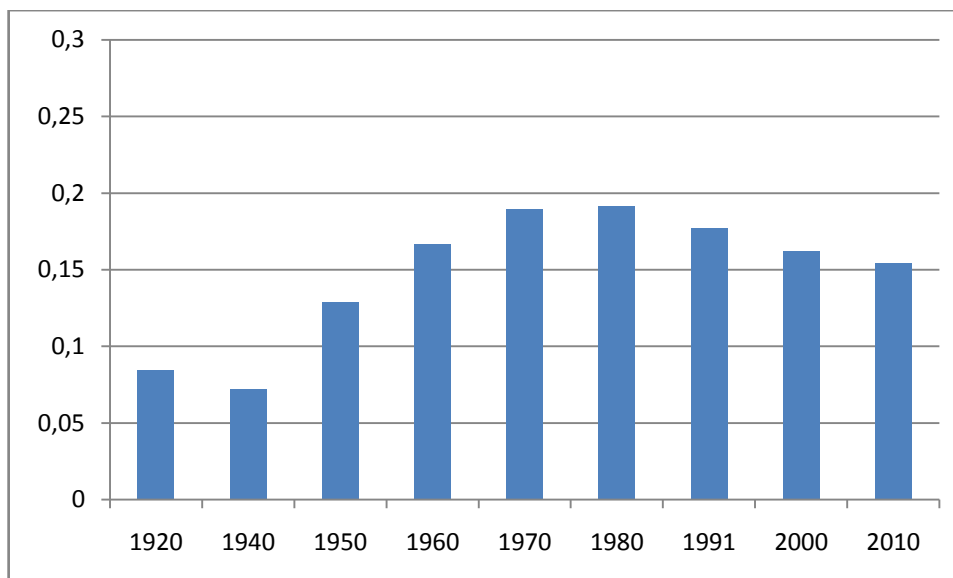
Fonte: IBGE (2011); IBGE (2013)

Os valores de P_c/P para cada observação estão ilustrados na figura 4, onde se pode notar os valores parecidos para os anos de 1970 e 1980, com um máximo no último. A partir de então o município de Curitiba passa a perder relevância regional, enquanto outros municípios vizinhos, como São José dos Pinhais e Colombo, apresentam intenso crescimento. É interessante notar que no ano de 1920 o valor de P_c/P diminui com relação ao censo anterior, período no qual a população do município central cresceu menos que a população da região metropolitana como um todo. Algo parecido ocorre no ano de 1950, porém dessa vez o valor de P_c/P apresenta apenas uma diminuição na taxa de crescimento, e não um decréscimo do valor em si.

³A área do município central para os anos de 1872 e 1900 não foi utilizada neste trabalho, uma vez que foi considerada pouco confiável. Por esse motivo também não puderam ser calculados os valores de d_c e β nesses anos.

Figura 5⁴

Evolução de β na Região Metropolitana de Curitiba



Os valores de β expostos acima, na figura 5, corroboram com aquilo que foi dito ao se analisar a variável P_c/P , ou seja, apresenta um valor absoluto máximo no ano de 1980, pouco acima do observado em 1970, após uma tendência de aumento. Após o ponto de máximo, os valores absolutos de β passam a decrescer até o final da série, o que demonstra a tendência à descentralização e o crescimento recente dos municípios próximos a Curitiba.

Conforme já foi argumentado, um dos resultados importantes para demonstrar a monocentricidade é encontrar valores negativos para β , o que indicam uma densidade populacional menor nos municípios periféricos da região metropolitana do que no município central. Foi justamente isso que foi encontrado para a Região Metropolitana de Curitiba. Os valores de β também apresentam uma variação menor entre 2000 e 2010 do que no período anterior, o que sugere que os valores dessa variável parecem apresentar uma tendência oposta à que se vinha observando.

Semelhantemente ao que se verificou com a Região Metropolitana de Belo Horizonte, a área do município de Curitiba apresenta flutuações, que acabam por afetar os valores de β nos anos de 1920 e 1940. A área territorial de Curitiba em 1920 era de 609 km², passa para 1301km² em 1940 e, em seguida, em 1950, passa

⁴Os valores de β contidos na figura 5 estão todos expressos em termos de valores absolutos, contudo são todos negativos, conforme pode ser comprovado na tabela 2.

a ser de 431km^2 , ficando em valores aproximados até 2010. Dessa forma, o valor absoluto de β decresce de 1920 para 1940, enquanto o valor de P_c/P apresenta um grande aumento nesse mesmo período. Por motivos semelhantes o valor absoluto de β aumenta abruptamente de 1940 para 1950, enquanto o acréscimo do valor de P_c/P é muito pequeno. Portanto, a variação dos valores de β entre 1920 e 1940 não representa uma descentralização da região, já que a análise da variável P_c/P indica o contrário.

Finalmente, pode-se perceber a crescente relevância do município de Curitiba dentro da região metropolitana até o ano de 1980, seguida pelo processo de descentralização até o final da série, que é traduzida em um intenso crescimento dos municípios conurbados, enquanto o município central continua crescendo, porém em uma menor cadência.

4.2.3. Região Metropolitana de Fortaleza

O formato da Região Metropolitana de Fortaleza, por ter se desenvolvido em uma área litorânea, não pôde crescer em todas as direções e pode ser mais bem aproximado como semicircular do que como circular. Assim, o valor de Φ foi tomado como $\Phi = \pi d_x$. A partir dessa suposição foram calculados os valores de d_c e de β .

O primeiro fato que chama atenção é a redução populacional verificada tanto no município de Fortaleza quanto em toda a região metropolitana entre os anos de 1872 e 1900. Há, para o ano de 1900, uma divergência entre os dados disponibilizados pelo IBGE. Enquanto uma das fontes (IBGE, 2011) aponta uma população de 22606 habitantes, outra fonte (IBGE, 2014) informa uma população de 48369. O presente trabalho fará uso da primeira dessas fontes, uma vez que foi a utilizada para se obter as populações dos outros municípios da região metropolitana.

De maneira geral, os valores absolutos de P_c/P e de β crescem de forma consistente até o ano de 1980, no qual atingem seus valores máximos. A partir de então, voltam a cair até o final da série. Essa tendência se verifica de forma mais clara a partir de 1920 para P_c/P e a partir de 1940 para β .

Tabela 3

	1872	1900	1920	1940	1950	1960
População do município central (P_c)	42458	22606	78536	180185	270169	514818
População da região metropolitana (P)	103263	50026	187595	390850	518127	732204
P_c/P	0,411	0,452	0,419	0,461	0,521	0,703
Área do município central (km ²)	* ⁵	*	40,56	360	305	336
d_c	-	-	5,081	15,139	13,934	14,625
β	-	-	-0,282	-0,103	-0,125	-0,168
	1970	1980	1991	2000	2010	
População do município central (P_c)	857980	1307608	1768637	2141402	2447409	
População da região metropolitana (P)	1130145	1699421	2460827	3056769	3610379	
P_c/P	0,759	0,769	0,719	0,701	0,678	
Área do município central (km ²)	336	336	313,8	312,4	314,9	
d_c	14,625	14,625	14,134	14,102	14,159	
β	-0,188	-0,192	-0,179	-0,173	-0,165	

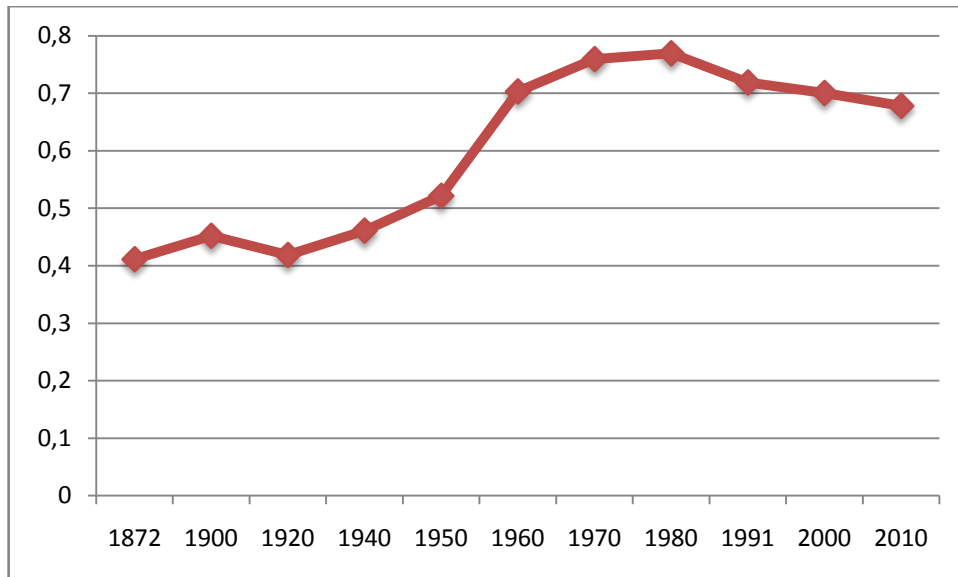
Fonte: IBGE (2011); IBGE (2013)

A figura 6, que ilustra a evolução da variável P_c/P , abaixo, explicita a tendência citada. A partir de 1920, a relevância do município de Fortaleza aumenta até chegar a seu ponto de máximo no ano de 1980, em que quase 77% da população da região metropolitana vivia no município central. Esse valor passa a decrescer a partir de então, até o final da série, em 2010. Conforme já foi abordado, os dados apresentaram problemas para o ano de 1900, o que pode explicar a quebra da inicial tendência de aumento da variável, quando seu valor decresce entre 1900 e 1920. Contudo, de uma maneira geral, a variável apresenta o comportamento esperado de aumento no início da série e posterior queda, com o processo de descentralização.

⁵A área do município central para os anos de 1872 e 1900 não foi utilizada neste trabalho, uma vez que foi considerada pouco confiável. Por esse motivo também não puderam ser calculados os valores de d_c e β nesses anos.

Figura 6

Evolução de P_c/P na Região Metropolitana de Fortaleza



A evolução dos valores de β está exposta abaixo, na figura 7, e demonstra a mesma tendência crescente no início da série e decrescente ao final, em termos de valores absolutos. Apesar do valor extremamente negativo para o ano de 1920, que será comentado a seguir, a variável apresenta, em geral, um consistente aumento em valor absoluto até atingir seu máximo em 1980, ano a partir do qual passa a decrescer continuamente até o ano de 2010.

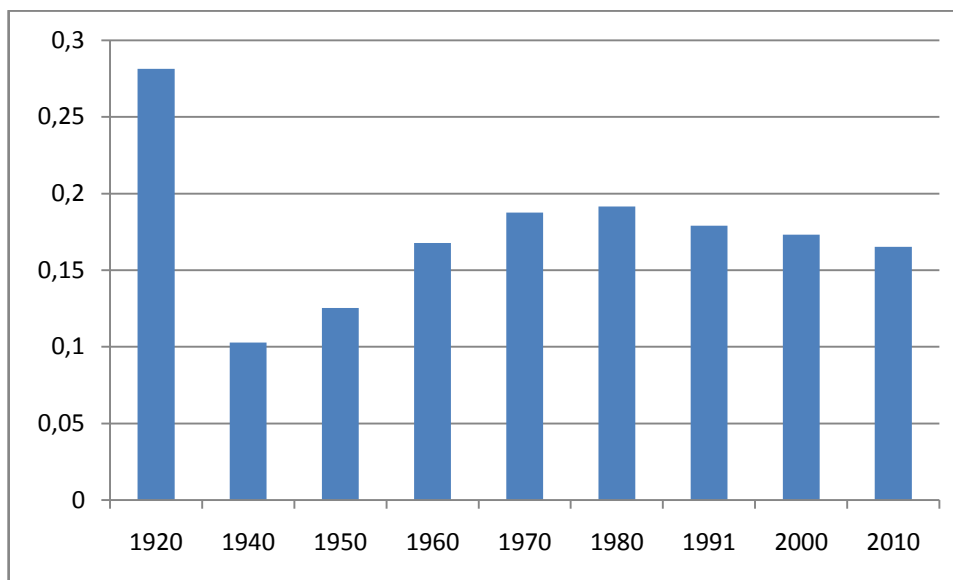
Os valores de β encontrados para a Região Metropolitana de Fortaleza foram todos negativos, o que significa que a densidade populacional dentro do município central é maior do que a verificada no resto da região metropolitana, apontando, assim, na direção das previsões do modelo monocêntrico. Percebe-se, ainda, que as variações de β a partir de 1991 são bem pequenas, o que pode significar que essa variável caminhe na direção de uma estagnação ou de uma possível reversão da tendência que se vinha observando.

A área territorial do município de Fortaleza tem um valor incrivelmente menor para o ano de 1920, de apenas 40,56km², o que leva a um valor de d_c também reduzido, alterando o valor de β . Para o restante das observações, os valores da área territorial para o município central assumem valores sempre entre 305km² e 336km². Contudo, quando essa variação da área territorial de Fortaleza é comparada com as variações vistas no caso de Belo Horizonte e Curitiba, percebe-se que é

relativamente alta, podendo, portanto, oferecer alguns problemas com a análise de β .

Figura 7⁶

Evolução de β na Região Metropolitana de Fortaleza



Apesar desses problemas encontrados ao se estudar as duas variáveis, P_c/P e β , nota-se que, de uma maneira geral, a tendência verificada na Região Metropolitana de Fortaleza é a mesma encontrada nas outras duas regiões já analisadas, isto é, de inicial aumento de relevância do município central dentro da região metropolitana e seu posterior declínio, representando o processo de descentralização. Em outras palavras, nas décadas recentes observa-se uma redução da taxa de crescimento populacional do município central, enquanto municípios vizinhos, como Caucaia e Maracanaú, detêm populações cada vez maiores.

4.2.4. Região Metropolitana de Natal

Natal, assim como Fortaleza, é uma cidade litorânea. Assim, a região metropolitana se desenvolveu num formato que pode ser aproximado para um semicírculo. O valor de Φ , portanto, utilizado no modelo será $\Phi = \pi d_x$. Os valores de d_c foram calculados, portanto, com base na suposição de que a Região Metropolitana de Natal apresenta forma semicircular.

⁶Os valores de β contidos na figura 7 estão todos expressos em termos de valores absolutos, contudo são todos negativos, conforme pode ser comprovado na tabela 3.

Tabela 4

	1872	1900	1920	1940	1950	1960
População do município central (P_c)	20392	16056	30696	54836	103215	162537
População da região metropolitana (P)	57514	66322	116331	154152	211950	283987
P_c/P	0,355	0,242	0,264	0,356	0,487	0,572
Área do município central (km ²)	* ⁷	*	262	308	265	178
d_c	-	-	12,915	14,003	12,989	10,645
β	-	-	-0,077	-0,089	-0,126	-0,181
	1970	1980	1991	2000	2010	
População do município central (P_c)	264379	416892	606887	712317	803811	
População da região metropolitana (P)	416264	604643	892134	1124669	1350840	
P_c/P	0,635	0,689	0,680	0,633	0,595	
Área do município central (km ²)	172	172	169,9	169,1	167,2	
d_c	10,464	10,464	10,400	10,376	10,317	
β	-0,206	-0,228	-0,226	-0,207	-0,194	

Fonte: IBGE (2011); IBGE (2013)

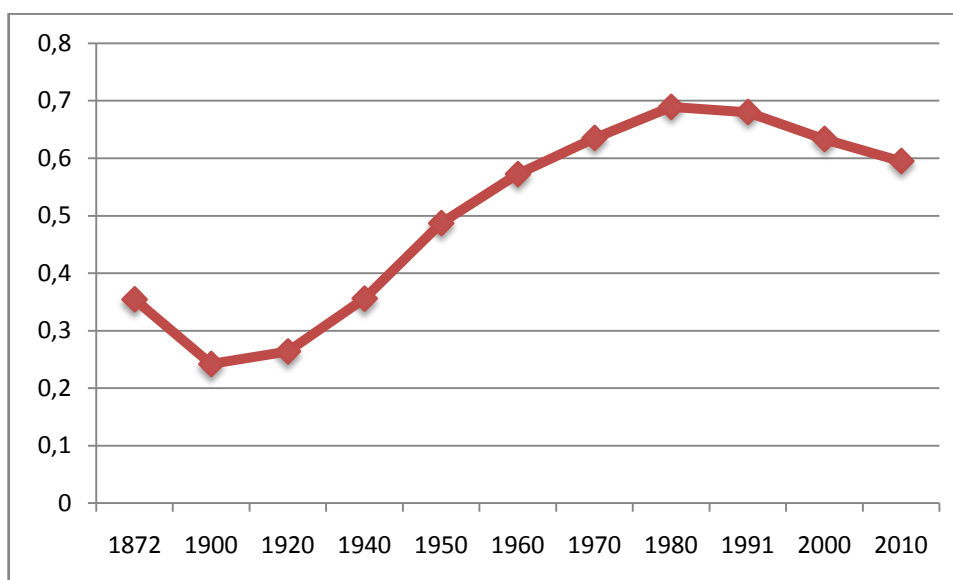
O caso de Natal é um tanto particular, em primeiro lugar, por apresentar um desenvolvimento relativamente tardio, o que é explicitado pelo declínio populacional entre os anos de 1872 e 1900 e pelo decrescente valor de P_c/P no mesmo período, uma vez que o restante da região metropolitana demonstra uma tendência contrária à de Natal e continua crescendo naquele intervalo. A partir de 1900, contudo, tanto a população do município central quanto a variável P_c/P crescem de forma consistente até o ano de 1980, quando a última atinge seu valor máximo e quase 69% dos habitantes da região metropolitana residem no município de Natal, passando, a partir de então, a decrescer até o final da série. Os valores de β se comportam de forma semelhante, apesar das flutuações nos valores da área territorial de Natal ao longo

⁷A área do município central para os anos de 1872 e 1900 não foi utilizada neste trabalho, uma vez que foi considerada pouco confiável. Por esse motivo também não puderam ser calculados os valores de d_c e β nesses anos.

dos anos, conforme será visto mais adiante, ao se tratar especificamente dessa variável.

Figura 8

Evolução de P_c/P na Região Metropolitana de Natal



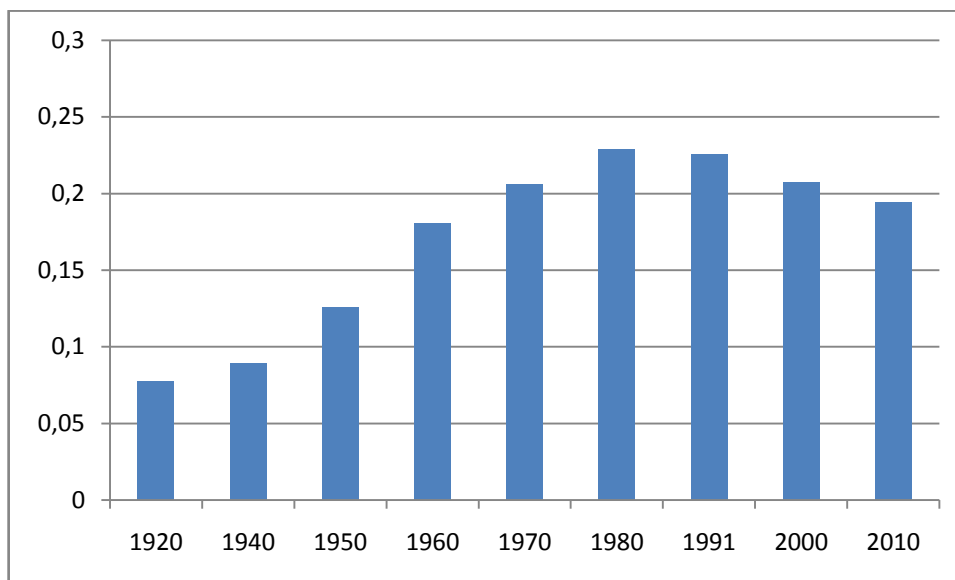
A ilustração da evolução dos valores de P_c/P na figura 8 demonstra claramente o desenvolvimento tardio verificado em Natal, uma vez que o valor da variável decresce bruscamente entre 1872 e 1900, apenas assumindo um valor semelhante ao da primeira observação da série no ano de 1940. A partir de 1900, porém, o município central da região passa por um desenvolvimento intenso, com crescimento populacional vertiginoso até que P_c/P atinge seu ponto de valor máximo em 1980. A partir desse ponto, demonstrando o processo de descentralização, os valores da variável em questão decrescem até o final da série.

A variável β se comporta de maneira surpreendente bem, uma vez que a área territorial do município central e, portanto, os valores de d_c apresentam grandes flutuações ao longo da série, o que afeta os valores encontrados para β em cada observação. A área territorial de Natal apenas assume um patamar próximo de constante a partir de 1960, variando a cada observação referente a anos anteriores. A evolução dos valores de β apresenta tendência de crescimento desde o início da série até o ano de 1980, ponto a partir do qual passa a decrescer, em termos de valores absolutos. Assim, apesar das flutuações da área territorial de Natal

certamente exercerem influência nos valores de β , essa variável continua apresentando a tendência esperada.

Figura 9⁸

Evolução de β na Região Metropolitana de Natal



Cabe notar que os valores de β encontrados são negativos para todos os anos. Esse valor negativo para essa variável é justamente o que aponta para a monocentricidade da região metropolitana, uma vez que demonstra que o município central apresenta densidade populacional maior que o restante da região metropolitana.

A redução dos valores absolutos de β e de P_c/P podem ser, em grande parte, explicados pelo vertiginoso crescimento populacional de alguns municípios vizinhos de Natal, sobretudo de Parnamirim, que tem seu número de habitantes mais que triplicado entre 1991 e 2010. Assim, percebe-se que após crescer em questão de relevância dentro da região metropolitana, o município central passa a deter uma parcela menor dos residentes da região, o que demonstra o processo de descentralização verificado nas últimas décadas.

⁸Os valores de β contidos na figura 9 estão todos expressos em termos de valores absolutos, contudo são todos negativos, conforme pode ser comprovado na tabela 4.

4.2.5. Região Metropolitana de Porto Alegre

Para se obter os valores aproximados de d_c para cada uma das observações e, posteriormente, de β , o formato da Região Metropolitana de Porto Alegre foi tomado como circular. Dessa forma, a fórmula de Φ utilizada foi $\Phi = 2\pi d_x$, representando, assim, um círculo completo.

Tabela 5

	1872	1900	1920	1940	1950	1960
População do município central (P_c)	43998	73674	179263	272232	385624	641173
População da região metropolitana (P)	117577	222669	421952	634320	833863	1279782
P_c/P	0,374	0,331	0,425	0,429	0,462	0,501
Área do município central (km ²)	* ⁹	*	2460	415	482	497
d_c	-	-	27,983	11,493	12,386	12,578
β	-	-	0,052	0,127	0,126	0,134
	1970	1980	1991	2000	2010	
População do município central (P_c)	885545	1125478	1263403	1360590	1409939	
População da região metropolitana (P)	1773817	2491824	3264666	3763396	4011224	
P_c/P	0,499	0,452	0,387	0,362	0,351	
Área do município central (km ²)	497	497	502,5	495,5	496,7	
d_c	12,578	12,578	12,647	12,559	12,574	
β	0,133	0,122	0,106	0,101	0,099	

Fonte: IBGE (2011); IBGE (2013)

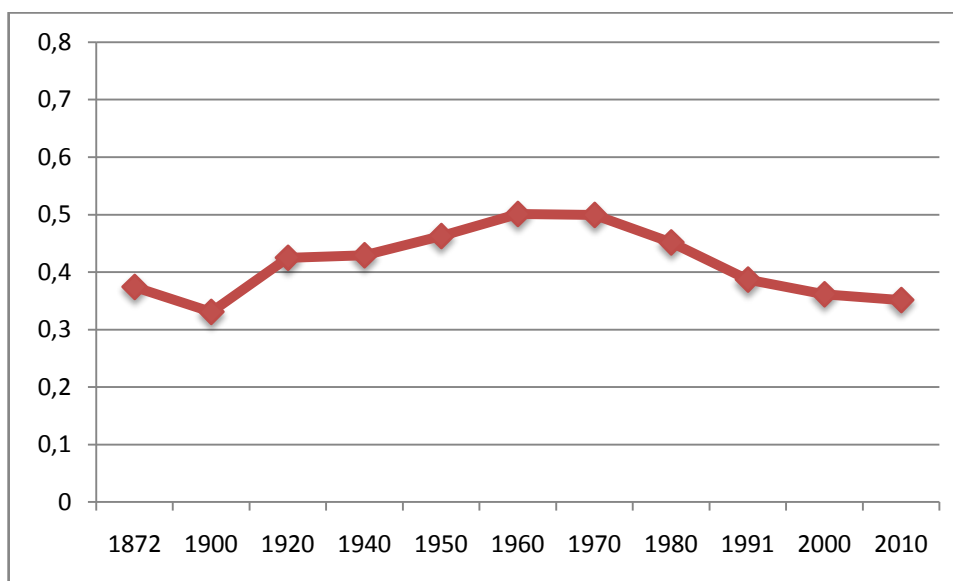
A razão entre a população do município central e da região metropolitana como um todo, P_c/P , sofre um declínio no primeiro intervalo da série, entre 1872 e 1900. É só a partir desse ponto que o valor dessa variável passa a aumentar até atingir seu ponto de máximo em 1960. Segundo Dornelles (2004), o crescimento verificado a partir do início do século XX é principalmente devido a fatores como a imigração

⁹A área do município central para os anos de 1872 e 1900 não foi utilizada neste trabalho, uma vez que foi considerada pouco confiável. Por esse motivo também não puderam ser calculados os valores de d_c e β nesses anos.

alemã e italiana, o desenvolvimento da agricultura comercial e a utilização do porto para escoar essa produção e a construção das primeiras estradas de ferro. Isso pode explicar, ao menos parcialmente, a razão para o valor de P_o/P passar a crescer apenas a partir de 1900. Os valores de β apresentam comportamento semelhante e chegam ao seu máximo no ano de 1960. A partir desse ponto, tanto β quanto P_o/P passam por uma tendência de queda até o ano de 2010, final da série.

Figura 10

Evolução de P_o/P na Região Metropolitana de Porto Alegre

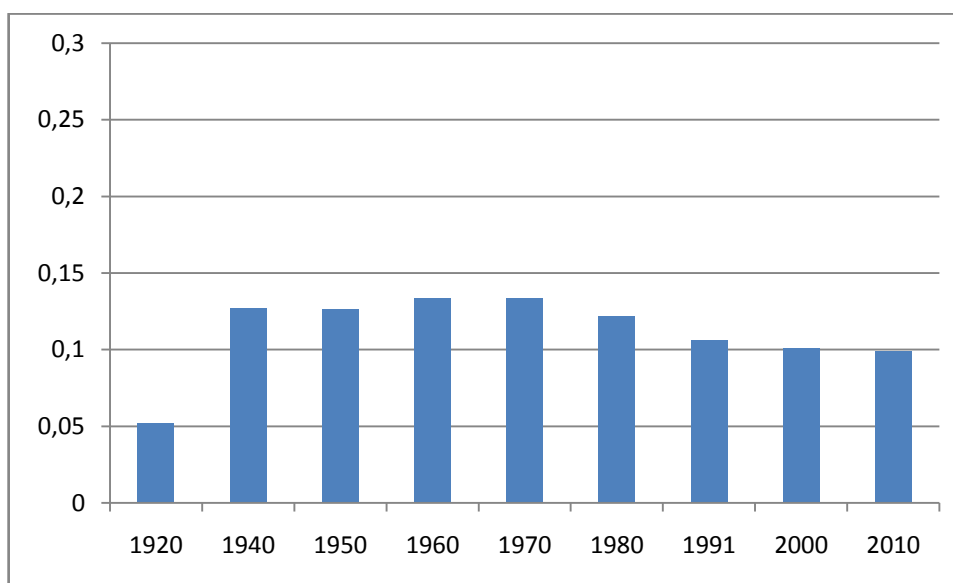


A representação acima da evolução dos valores de P_o/P ilustra bem o que foi analisado acima quanto ao crescimento relativamente tardio de Porto Alegre com relação ao restante da região metropolitana, apenas observado a partir de 1900. É interessante que se note como os valores de P_o/P variam pouco ao longo de toda a série, sendo o valor mínimo de 0,331 e o máximo de 0,501, aproximadamente, para os anos de 1900 e 1960, respectivamente. Ao se comparar às flutuações encontradas para os valores dessa variável nas outras regiões metropolitanas, nota-se como o município de Porto Alegre não cresceu tanto relativamente ao resto da região quanto o que foi observado no caso de Fortaleza, por exemplo. Ainda assim é perceptível que o município central dessa região metropolitana apresenta uma crescente relevância dentro da região, seguida por um processo de descentralização, representado pela queda nos valores de P_o/P a partir de 1960, mas que se torna realmente evidente a partir de 1970.

Os valores de β contidos na figura 11, assim como o que foi observado para a variável P_c/P , variam muito pouco ao longo dos anos, quando comparado ao que foi observado nas outras regiões metropolitanas. Contudo, ainda apresentam a inicial tendência crescente, até 1960, e posterior queda, até 2010, em termos de valores absolutos. A enorme variação de β entre 1920 e 1940 é explicado pela brusca diminuição da área territorial do município de Porto Alegre nesse período, em que passa de 2460 km² para 415km². Há uma menor variação dessa área, apesar de ainda relevante, entre 1940 e 1950, quando a mesma assume o valor de 482 km², tomando valores em patamares próximos, a partir de então. Essas duas maiores variações alteram o valor de d_c e, consequentemente, de β , explicando os valores encontrados para o último nos anos de 1920 e 1940.

Figura 11¹⁰

Evolução de β na Região Metropolitana de Porto Alegre



Os resultados negativos obtidos para a variável β na Região Metropolitana de Porto Alegre traduzem o fato de o município central apresentar densidade populacional maior que o restante dessa região. Dessa forma, argumenta-se a favor da monocentricidade nessa região metropolitana. Ainda observa-se uma variação cada vez menor de β a partir de 1970, que parece caminhar na direção contrária da tendência até então observada para essa variável, até um ponto de estagnação ou, possivelmente, uma nova tendência de aumento dos valores absolutos de β .

¹⁰Os valores de β contidos na figura 11 estão todos expressos em termos de valores absolutos, contudo são todos negativos, conforme pode ser comprovado na tabela 5.

Em grande parte, a relativamente pequena variação das duas variáveis analisadas, para o caso da Região Metropolitana de Porto Alegre, e a posterior queda das mesmas, pode ser explicada pelo grande crescimento de diversos municípios vizinhos ou próximos de Porto Alegre desde o início da série aqui estudada. Esse é o caso de municípios como Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí, Novo Hamburgo, São Leopoldo e Viamão.

4.2.6. Região Metropolitana de Recife

Por estar situada no litoral pernambucano, a Região Metropolitana de Recife se desenvolveu num formato que pode ser mais bem aproximado como um semicírculo. Dessa forma, a fórmula utilizada para Φ foi $\Phi = \pi d_x$. Foi a partir dessa suposição que se possibilitou o cálculo de d_c e, posteriormente, do gradiente de densidade populacional, β .

A população do município de Recife chega a cair entre 1872 e 1900, apesar de já se encontrar relativamente desenvolvida, o que pode ser explicado devido a desmembramentos de Recife que deram origem a dois outros municípios, Jaboatão dos Guararapes e São Lourenço da Mata. O ponto em que a variável P_c/P atinge seu maior valor, excetuando-se em 1872, é no ano de 1960, sendo apenas ligeiramente maior que o verificado em 1950. O valor de β , por outro lado, atinge seu valor máximo já em 1950, devido a flutuações da área do município de Recife, que são abordadas mais adiante. Ainda assim, as duas variáveis apresentam a tendência de crescimento no começo da série e queda em seguida, mesmo que com pontos de máximo ligeiramente diferentes.

O alto valor de P_c/P no ano de 1872 em comparação ao observado no restante da série, sobretudo no ponto seguinte, 1900, é reflexo das divisões do município de Recife nesse período, que fizeram com que a população do município central decrescesse ligeiramente, enquanto a região metropolitana continuou se desenvolvendo como um todo. A partir de 1900, contudo, Recife segue adquirindo relevância cada vez maior dentro da região, até que em 1960 P_c/P assume um valor bastante próximo do observado em 1872, passando então a decrescer consistentemente até 2010, ilustrando o processo de descentralização dessa região.

Tabela 6

	1872	1900	1920	1940	1950	1960
População do município central (P_c)	116671	113106	238843	348424	524682	797234
População da região metropolitana (P)	186216	229449	450282	576467	843409	1275125
P_c/P	0,627	0,493	0,530	0,604	0,622	0,625
Área do município central (km ²)	* ¹¹	*	158	155	146	209
d_c	-	-	10,029	9,934	9,641	11,535
β	-	-	0,177	0,205	0,219	0,184
	1970	1980	1991	2000	2010	
População do município central (P_c)	1060701	1203887	1298229	1422905	1536934	
População da região metropolitana (P)	1827173	2386453	2919979	3337565	3688428	
P_c/P	0,581	0,504	0,445	0,426	0,417	
Área do município central (km ²)	209	209	218,7	217,8	218,5	
d_c	11,535	11,535	11,800	11,775	11,794	
β	0,169	0,147	0,128	0,123	0,121	

Fonte: IBGE (2011); IBGE (2013)

A tendência verificada ao se analisar a evolução dos valores absolutos de β , ilustrada na figura 13, é a esperada, de crescimento na primeira parte da série e de decréscimo na parte final da série. Contudo, há que se atentar para a mudança da área territorial do município de Recife ocorrida entre 1950 e 1960, que acaba por afetar o valor de β , uma vez que será refletida em d_c . O efeito disso é facilmente percebido na variação de β entre 1950 e 1960, uma vez que o valor de P_c/P nesse período quase não varia, sendo, portanto, a variação de d_c a única responsável pela mudança do valor de β entre esses anos.

¹¹A área do município central para os anos de 1872 e 1900 não foi utilizada neste trabalho, uma vez que foi considerada pouco confiável. Por esse motivo também não puderam ser calculados os valores de d_c e β nesses anos.

Figura 12

Evolução de P_c/P na Região Metropolitana de Recife

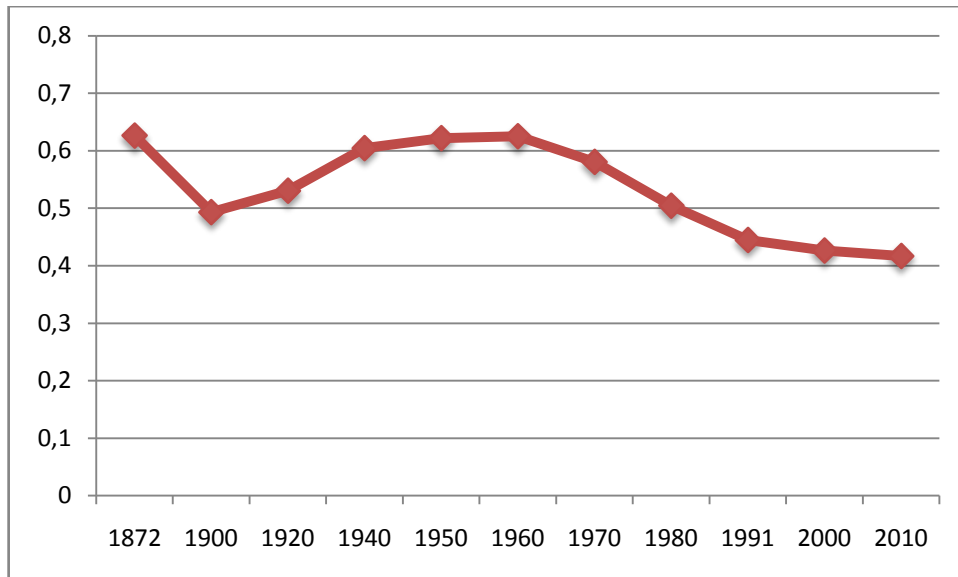
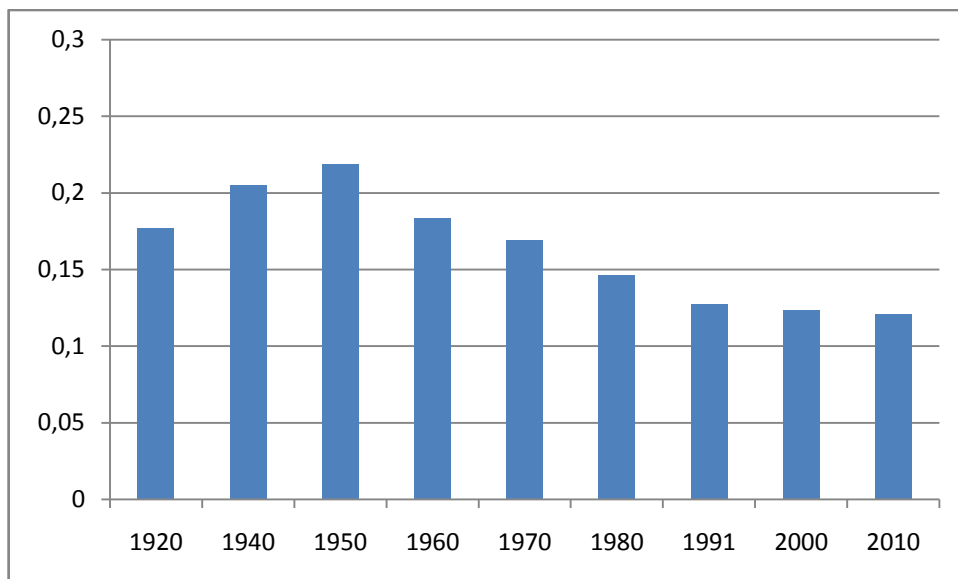


Figura 13¹²

Evolução de β na Região Metropolitana de Recife



Uma das previsões modelo monocêntrico afirma que o centro ou a área central deve apresentar maior densidade populacional que o resto da cidade ou região. Essa previsão é traduzida como valores negativos para o gradiente de densidade populacional. Os valores encontrados de β para a Região Metropolitana de Recife são todos negativos, corroborando para essa previsão. Além disso, pode-se

¹²Os valores de β contidos na figura 13 estão todos expressos em termos de valores absolutos, contudo são todos negativos, conforme pode ser comprovado na tabela 6.

observar que a queda dos valores absolutos de β é cada vez menos acentuada, caminhando para um β estável ou até mesmo para uma tendência de crescimento dos valores absolutos dessa variável. Uma das possíveis explicações para esse fato recente pode ser derivado dos limites impostos pelo crescente congestionamento.

É perceptível, porém, o processo de descentralização que ocorreu na Região Metropolitana de Recife após 1960, explicitada pela queda dos valores absolutos de P_c/P e de β . Essa tendência é explicada pelo crescimento dos municípios vizinhos de Recife, como é o caso de Jaboatão dos Guararapes, Olinda e Paulista, sobretudo do primeiro, desde as décadas de 1950 e de 1960.

4.2.7. Região Metropolitana do Rio de Janeiro

O desenvolvimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, por ter ocorrido em área litorânea, pode ser descrita como uma aproximação de um semicírculo. Assim, o valor de Φ que mais bem descreveria o formato dessa região é $\Phi = \pi d_x$. Essa suposição permite o cálculo de d_c e de β .

É interessante notar como o município do Rio de Janeiro já se encontrava bastante desenvolvido em 1872, especialmente quando comparado aos outros casos aqui estudados. Além disso, se verifica um tremendo salto na população entre 1872 e 1900. É possível que esse crescimento precoce seja em decorrência do fato de a capital do país ser o Rio de Janeiro desde 1763 (Ferreira, 1985), tendo sido mantida com essa condição após a proclamação da república, até 1960, quando a capital é transferida para Brasília (Ferreira, 2000).

Nesse contexto, os valor de P_c/P aumenta abruptamente de 1872 a 1900, já atingindo no último seu valor máximo de toda a série, passando a decrescer desde então, tornando evidente bastante cedo o processo de descentralização da região metropolitana. Apesar dos valores dessa variável começarem a decrescer logo no início da série, ela apresenta um valor extremamente alto no ano de 1900, em que ela informa que mais de 82% da população de toda a região metropolitana vivia no município central. O mesmo acontece com os valores absolutos de β , ou seja, desde 1920, início da série para essa variável, ela se verifica decrescente, com a exceção de um ligeiro aumento no ano de 2010.

Tabela 7

	1872	1900	1920	1940	1950	1960
População do município central (P_c)	274972	746749	1157873	1764141	2377451	3307163
População da região metropolitana (P)	460323	903649	1445919	2256165	3204702	4911206
P_c/P	0,597	0,826	0,801	0,782	0,742	0,673
Área do município central (km ²)	* ¹³	*	1167	1167	1171	1171
d_c	-	-	27,257	27,257	27,304	27,304
β	-	-	-0,110	-0,106	-0,097	-0,085
	1970	1980	1991	2000	2010	
População do município central (P_c)	4251918	5090723	5480768	5857904	6323037	
População da região metropolitana (P)	6947410	8834345	9882018	10967489	11948708	
P_c/P	0,612	0,576	0,555	0,534	0,529	
Área do município central (km ²)	1171	1171	1264,2	1261,1	1200,3	
d_c	27,304	27,304	28,369	28,334	27,643	
β	-0,076	-0,071	-0,066	-0,063	-0,064	

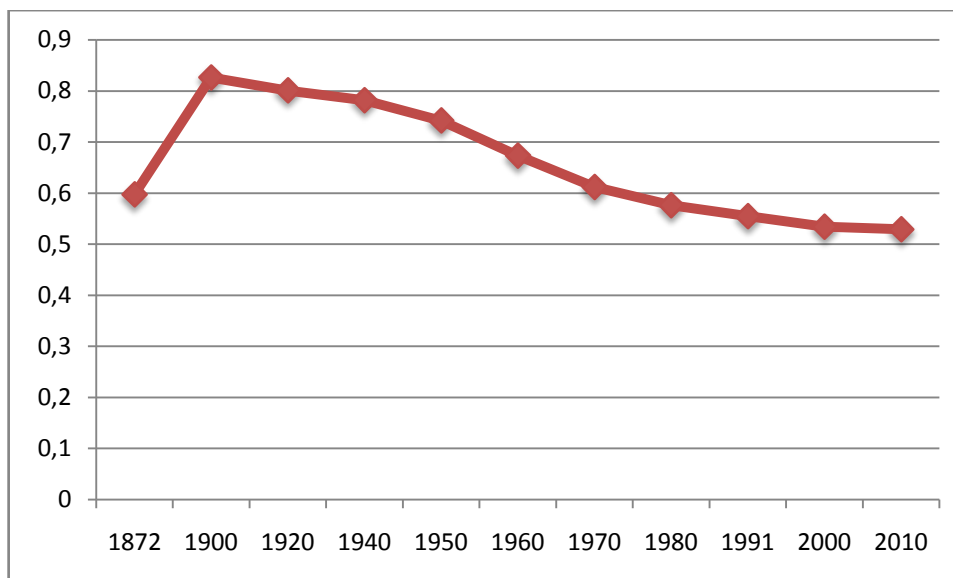
Fonte: IBGE (2011); IBGE (2013)

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro, juntamente com os casos de São Paulo e de Salvador, são as únicas cujos valores de P_c/P ultrapassam o valor de 0,8 em algum ponto. Após atingir o valor extremamente elevado em 1900, P_c/P assume valores cada vez menores, sofrendo uma queda especialmente acentuada a partir de 1950, o que está relacionado ao processo de descentralização. O período em que a redução dos valores de P_c/P é mais acentuada coincide com os anos em que a descentralização está mais visível nas outras regiões metropolitanas.

¹³A área do município central para os anos de 1872 e 1900 não foi utilizada neste trabalho, uma vez que foi considerada pouco confiável. Por esse motivo também não puderam ser calculados os valores de d_c e β nesses anos.

Figura 14

Evolução de P_c/P na Região Metropolitana do Rio de Janeiro

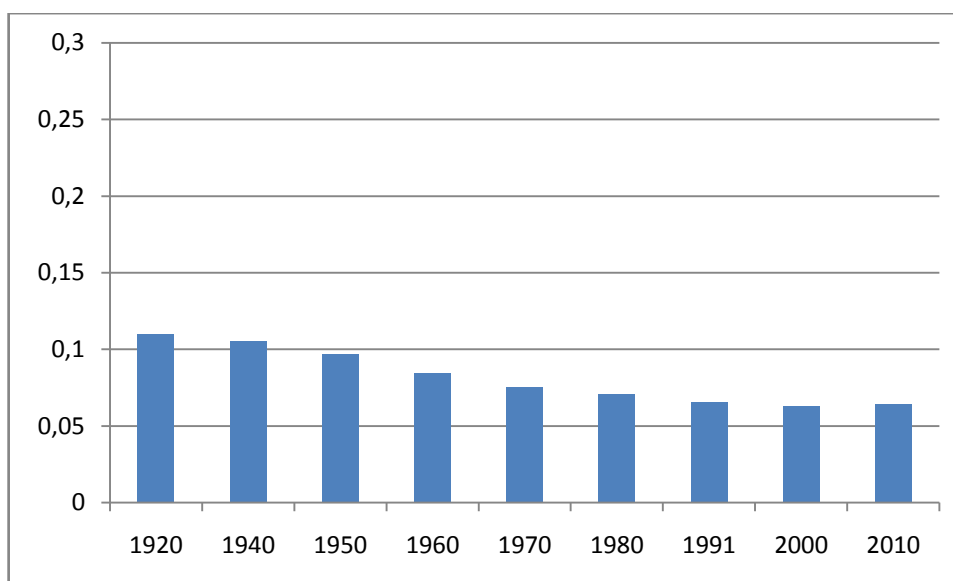


A evolução dos valores de β , ilustrada acima, explicitam, para essa variável, a mesma tendência que foi verificada com a análise de P_c/P , em termos de valores absolutos, ou seja, apresenta ponto de máximo no ano de 1920 e tendência de queda do início ao final da série. Os valores absolutos relativamente pequenos de β para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, quando comparados ao que foi visto na maioria das outras regiões metropolitanas, são em decorrência da extensa área territorial do município central. Mesmo as variações dessa área são pouco perceptíveis, uma vez que representam pouco, proporcionalmente aos valores totais da área. O único ponto em que uma variação desse tipo afeta perceptivelmente o valor de β é no ano de 2010, em que P_c/P decresce apenas ligeiramente, mas β cresce em seu valor absoluto em aproximadamente 0,01. Esse aumento é devido à redução da área territorial nesse ponto em relação ao anterior.

Percebe-se, ainda, que todos os valores de β encontrados são negativos, o que quer dizer que há uma maior densidade populacional no município do Rio de Janeiro do que no restante da região metropolitana, demonstrando a monocentricidade dessa região. Também é visível que, ao longo de toda a série, a variação dos valores de β é cada vez menor, culminando em uma reversão da tendência de queda dos valores absolutos dessa variável entre 2000 e 2010, quando apresenta aumento. Isso pode sugerir que, possivelmente explicada por congestionamentos cada vez maiores, haja uma tendência de que β volte a crescer, em termos de valores absolutos.

Figura 15¹⁴

Evolução de β na Região Metropolitana do Rio de Janeiro



Verifica-se, após a análise dos dados sobre a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, um intenso processo de descentralização, claramente perceptível a partir de 1900 e que se intensifica a partir de 1950. Isso se deve ao rápido crescimento ocorrido em municípios vizinhos e próximos do município do Rio de Janeiro, como Belford Roxo, Duque de Caxias, Niterói, Nova Iguaçu, São Gonçalo e São João de Meriti.

4.2.8. Região Metropolitana de Salvador

Assim como foi visto com as outras regiões metropolitanas situadas em área litorâneas, a Região Metropolitana de Salvador também é mais bem aproximada ao se utilizar um semicírculo. Portanto, foi empregada a equação $\Phi = \pi d_x$. Os valores de d_c e de β foram calculados a partir dessa suposição de formato semicircular.

O problema encontrado com a população do município de Fortaleza no censo de 1900 aparece novamente, para o mesmo ano, no caso de Salvador, ou seja, duas tabelas disponibilizadas pelo IBGE fornecem informações divergentes a respeito da população nesse município. Enquanto IBGE (2014) informa que havia, em 1900, 205813 habitantes em Salvador, segundo IBGE (2011) havia apenas 97642 habitantes. Foi utilizado neste estudo o dado fornecido por IBGE (2011), uma vez

¹⁴Os valores de β contidos na figura 15 estão todos expressos em termos de valores absolutos, contudo são todos negativos, conforme pode ser comprovado na tabela 7.

que foi a utilizada para se obter os dados referentes à população dos outros municípios da região metropolitana. Vale mencionar, ainda, que a diferença encontrada nas duas fontes não é o resultado da emancipação de municípios anteriormente pertencentes a Salvador, uma vez que os poucos casos de emancipação de municípios de Salvador não ocorreram antes de 1958. Contudo, é interessante que se tenha em mente a existência dessa divergência de dados.

Tabela 8

	1872	1900	1920	1940	1950	1960
População do município central (P_c)	129109	97642	283422	290443	417235	655735
População da região metropolitana (P)	210735	138774	380843	382150	509242	795730
P_c/P	0,613	0,704	0,744	0,760	0,819	0,824
Área do município central (km ²)	* ¹⁵	*	550	1016	760	631
d_c	-	-	18,712	25,432	21,996	20,043
β	-	-	-0,142	-0,108	-0,142	-0,158
	1970	1980	1991	2000	2010	
População do município central (P_c)	1007195	1502013	2075273	2443107	2676606	
População da região metropolitana (P)	1211950	1847809	2586366	3120303	3574804	
P_c/P	0,831	0,813	0,802	0,783	0,749	
Área do município central (km ²)	294	324	709,5	324,5	693,3	
d_c	13,681	14,362	21,253	14,373	21,009	
β	-0,235	-0,215	-0,142	-0,201	-0,128	

Fonte: IBGE (2011); IBGE (2013)

Salvador, possivelmente por ter sido a capital do país até 1763 (Ferreira, 1985), já era em 1872 um município relativamente populoso, contendo mais de 61% da população de toda a Região Metropolitana de Salvador. Desde o início da série, inclusive no ano de 1900, que apresentou os problemas citados acima, os valores de P_c/P crescem consistentemente até o ano de 1970, quando mais de 83% da

¹⁵ A área do município central para os anos de 1872 e 1900 não foi utilizada neste trabalho, uma vez que foi considerada pouco confiável. Por esse motivo também não puderam ser calculados os valores de d_c e β nesses anos.

população da região metropolitana vivia no município central. A partir desse ponto, a variável P_c/P apresenta tendência decrescente até o final da série, em 2010. Os valores de β são mais problemáticos para essa região metropolitana, que se comportam de maneira aparentemente aleatória, ora crescendo, ora decrescendo, apesar de apresentar ponto de máximo também em 1970. Essa particularidade da Região Metropolitana de Salvador será comentada mais adiante, ao se analisar a variável β .

A evolução de P_c/P ao longo dos anos, ilustrada acima, demonstra o intenso crescimento do município de Salvador dentro da região metropolitana, sobretudo até o ano de 1950, quando o aumento de P_c/P se torna mais tímido. É interessante notar, ainda, que o processo de descentralização, traduzido pela redução dos valores de P_c/P após 1970, embora perceptível, é bem mais discreto que o que foi verificado nas outras regiões metropolitanas. Para se ter ideia do nível de centralização da Região Metropolitana de Salvador em 2010, quase 75% dos habitantes de toda a região metropolitana vivia no município central nesse ano.

Figura 16

Evolução de P_c/P na Região Metropolitana de Salvador

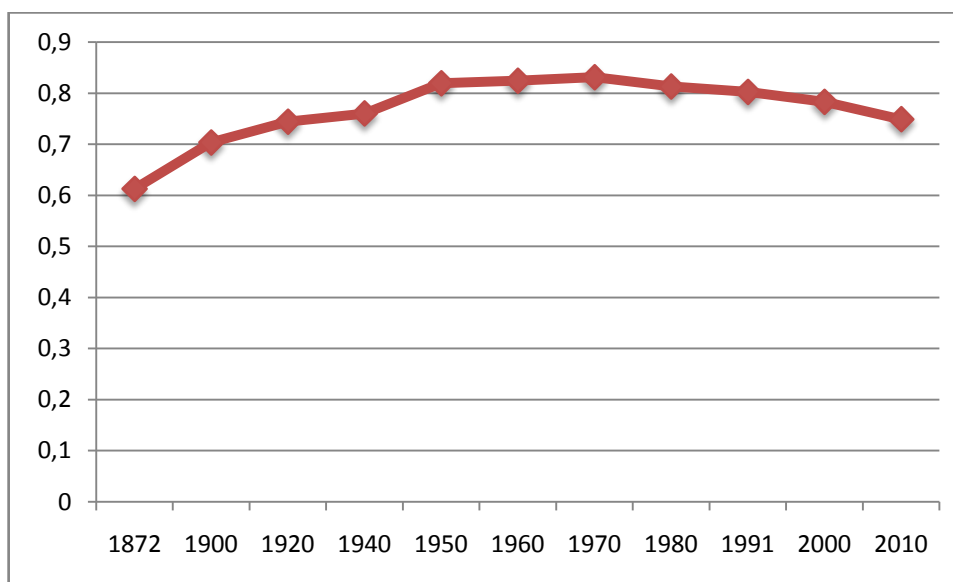
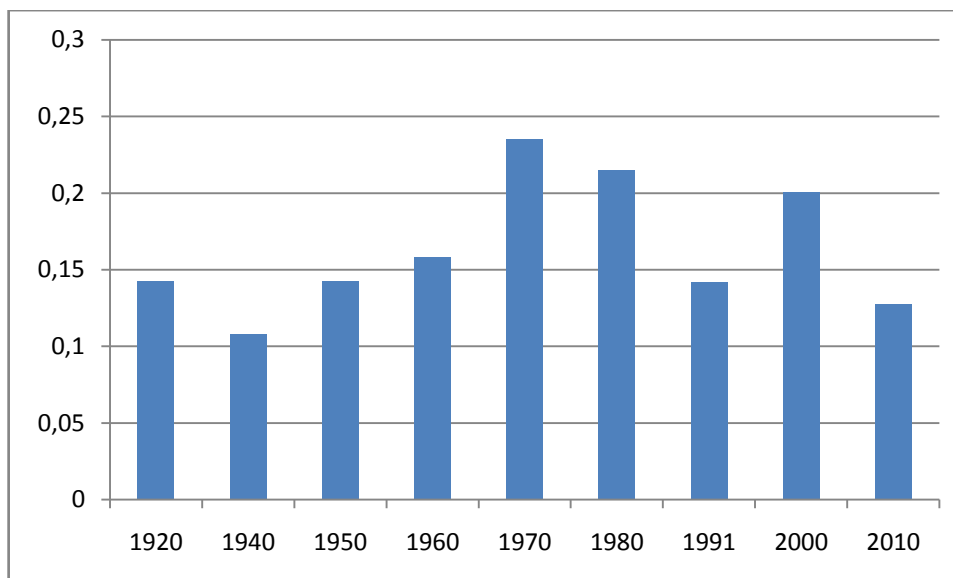


Figura 17¹⁶

Evolução de β na Região Metropolitana de Salvador



Os valores de β para a Região Metropolitana de Salvador, conforme pode ser verificado no gráfico acima, não apresentam uma tendência tão clara de crescimento inicial, até o ponto de máximo, e posterior queda, em termos de valores absolutos, quanto o que foi observado nas outras regiões metropolitanas. Isso se deve às grandes variações da área territorial do município de Salvador. Diferentemente do que ocorre nas outras regiões, em que, após um determinado ano, a área territorial do município central apresenta sempre valores próximos, a área territorial de Salvador varia enormemente durante toda a série. Isso faz com que os valores de β se comportem de maneira muito diferente de P_c/P e aparentemente aleatória.

Uma das evidências que podem apontar para a monocentricidade de uma cidade ou de uma região é o sinal negativo da variável β . Para a Região Metropolitana de Salvador, demonstrou-se que todos os valores dessa variável são negativos, o que significa que a densidade populacional média dos municípios periféricos dessa região metropolitana é menor que a densidade populacional do município central.

Apesar do comportamento peculiar de β , pode-se argumentar que há a tendência de centralização da região até um determinado ano, 1970 para o caso de Salvador, seguida de uma tendência de descentralização até o final da série, embora

¹⁶Os valores de β contidos na figura 17 estão todos expressos em termos de valores absolutos, contudo são todos negativos, conforme pode ser comprovado na tabela 8.

relativamente pequena na Região Metropolitana de Salvador. Essa descentralização é o resultado do crescimento, nas últimas décadas, de municípios vizinhos e próximos de Salvador, como Camaçari, Lauro de Freitas e Simões Filho, sendo os dois últimos originários de emancipação do município central. Contudo, apesar de visível, o crescimento desses municípios não foi suficientemente intenso a ponto de levar a uma descentralização tão forte quanto a observada nas outras regiões metropolitanas.

4.2.9. Região Metropolitana de São Paulo

A Região Metropolitana de São Paulo, apesar de se encontrar relativamente próxima do litoral, não teve seu crescimento limitado por ele, tendo a possibilidade de se expandir para todas as direções. Assim, essa região metropolitana toma um formato que pode ser aproximado ao de um círculo, chegando-se à equação $\Phi = 2\pi d_x$. A partir dessa suposição de formato circular foram calculados os valores de d_c e de β .

A Região Metropolitana de São Paulo é a mais populosa do país, assim como seu município central é o mais populoso. Segundo Taunay (1953), o impulso econômico trazido pelo plantio do café no oeste paulista possibilitou a instalação de estradas de ferro na região, o que trouxe grande contingente de imigrantes, em grande parte europeus, e desenvolvimento tanto para a cidade de São Paulo quanto para outras localidades próximas no final do século XIX. Isso pode explicar o enorme salto em termos de população no município de São Paulo entre 1872, 1900, 1920 e 1940.

Esse intenso crescimento populacional de São Paulo acabou por levar a um aumento vertiginoso de P_c/P , sobretudo entre 1872 e 1900, que perdurou até atingir o ponto de máximo, no ano de 1940. A partir de então, a população total da região metropolitana passa a crescer em ritmo mais acelerado que o município central, fazendo com que os valores de P_c/P passem a cair a cada observação. A variável β assume seu valor absoluto máximo já em 1920, primeiro ano em que seu valor está disponível, e é decrescente desde então. Contudo, o valor absoluto alto de β em 1920 é devido, em grande parte, a uma área territorial consideravelmente menor do município de São Paulo nesse ano do que no restante da série.

Tabela 9

	1872	1900	1920	1940	1950	1960
População do município central (P_c)	31385	239820	579033	1326261	2198096	3825351
População da região metropolitana (P)	69250	315871	702246	1568045	2662786	4791245
P_c/P	0,453	0,759	0,825	0,846	0,825	0,798
Área do município central (km ²)	* ¹⁷	*	897	1484	1593	1622
d_c	-	-	16,897	21,734	22,518	22,722
β	-	-	-0,187	-0,154	-0,141	-0,131
	1970	1980	1991	2000	2010	
População do município central (P_c)	5978977	8587665	9626894	10405867	11253503	
População da região metropolitana (P)	8194070	12683193	15425650	17850318	19681716	
P_c/P	0,730	0,677	0,624	0,583	0,572	
Área do município central (km ²)	1493	1493	1528,5	1525	1523,3	
d_c	21,800	21,800	22,058	22,032	22,020	
β	-0,119	-0,107	-0,096	-0,089	-0,087	

Fonte: IBGE (2011); IBGE (2013)

O gráfico acima, que ilustra a evolução de P_c/P , torna visível o acentuado aumento populacional da cidade de São Paulo ocorrido no final do século XIX. A partir de 1900, São Paulo continua ganhando relevância dentro da região, porém em ritmo menos acelerado, até que em 1940 o quadro se inverte, tornando-se clara a tendência de descentralização, traduzida na queda dos valores de P_c/P . Essa tendência é mantida até o final da série, em 2010, embora pareça caminha para um ponto estável, após variar tão pouco entre 2000 e 2010.

¹⁷ A área do município central para os anos de 1872 e 1900 não foi utilizada neste trabalho, uma vez que foi considerada pouco confiável. Por esse motivo também não puderam ser calculados os valores de d_c e β nesses anos.

Figura 18

Evolução de P_c/P na Região Metropolitana de São Paulo

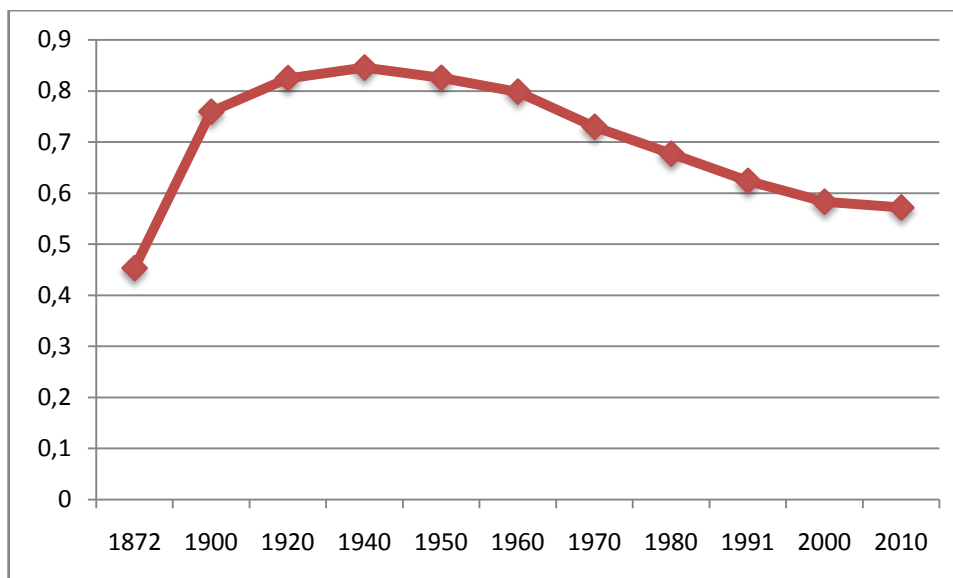
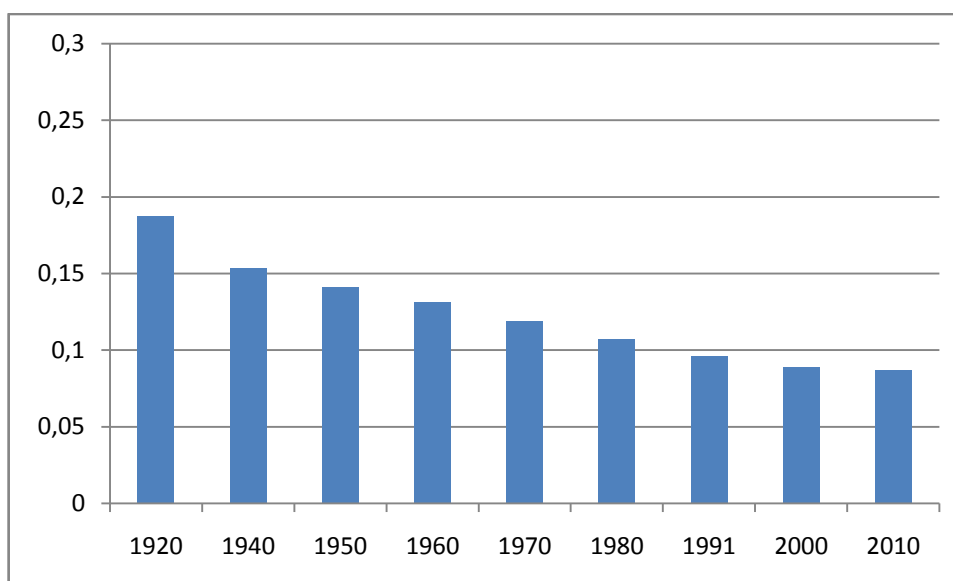


Figura 19¹⁸

Evolução de β na Região Metropolitana de São Paulo



A variável β , cujos valores se encontram descritos acima, tem tendência decrescente, em termos de valores absolutos, para todos os anos em que se encontra disponível, o que aponta para a tendência de descentralização. Contudo, o valor absoluto alto de β no ano de 1920 não é ocasionado por um valor maior de P_c/P do que o encontrado em 1940, mas sim devido à área territorial do município de São Paulo bastante menor nesse ano em particular. Apesar de haver variações

¹⁸Os valores de β contidos na figura 19 estão todos expressos em termos de valores absolutos, contudo são todos negativos, conforme pode ser comprovado na tabela 9.

consideráveis na área territorial de São Paulo ao longo do restante da série, elas não foram suficientemente grandes para que o processo de descentralização não seja aparente.

Os valores negativos encontrados para β em todas as observações apontam na direção da monocentricidade, uma vez que traduzem a maior densidade populacional no município central, São Paulo, do que no restante da região metropolitana. Também é interessante notar que os valores de β parecem tender para um ponto estável, com quase nenhuma variação entre 2000 e 2010, ou até para uma reversão da tendência que vinha sendo verificada na região. É possível que esse fato esteja associado ao crescente congestionamento, que torna mais caro viver fora do município central.

A descentralização relativamente precoce da Região Metropolitana de São Paulo pode ser explicada pela existência de diversos municípios vizinhos e próximos do município central que sofreram intenso crescimento, como é o caso de Guarulhos e Osasco, que faziam parte do município São Paulo até serem emancipados, e de Mauá, Mogi das Cruzes, Santo André e São Bernardo do Campo. Pode-se argumentar que o desenvolvimento tão precoce desses municípios tenham sido possíveis apenas graças ao sistema de transporte, inicialmente ferroviário, já existente na região desde o século XIX.

5. Conclusão

Os primeiros pontos que se puderam concluir são relativos às economias e deseconomias de aglomeração, quando se argumenta que, ao mesmo tempo em que há ganhos de eficiência na aglomeração, a mesma traz problemas como congestionamentos excessivos. Além disso, foram definidos os conceitos de monocentricidade e o *trade-off* entre custos de moradia e custos de locomoção enfrentado pelos agentes ao decidir a localização em que devem fixar residência. Esse *trade-off* está baseado no fato de que, ao mesmo tempo em que os aluguéis são mais baratos em áreas mais distantes do centro, os custos de locomoção são mais altos, fazendo com que a melhor escolha para os agentes não seja trivial.

Além disso, percebeu-se que, mesmo no caso das cidades e regiões que são caracterizadas como policêntricas, pode-se fazer uso de um centro de gravidade, localizado no ponto mais próximo de todos esses subcentros, e tratá-lo como o centro, obtendo-se resultados satisfatórios com relação à monocentricidade.

É provável que o maior esforço realizado neste trabalho tenha sido o levantamento dos dados referentes às regiões metropolitanas analisadas. Para cada uma delas foram identificados os municípios que as integram, obtendo-se as populações de cada um deles nos censos de 1872, 1900, 1920, 1940, 1950, 1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010. Obteve-se também as áreas territoriais dos municípios centrais dessas regiões para todos os anos censitários a partir de 1920.

Após ser estabelecido e explicado o modelo que seria utilizado no presente trabalho, os dados levantados foram adequados ao mesmo. Os resultados obtidos apontam na direção das previsões do modelo monocêntrico, ou seja, uma área central com alta densidade populacional, a qual tende a decrescer conforme se aumenta a distância até o centro. Dentro do modelo analítico proposto, esse resultado é representado pelo sinal negativo da variável β . Esse resultado, isto é, o sinal negativo dessa variável é verificado no caso de todas as regiões metropolitanas. Esse é o principal resultado que se esperava obter.

Outro resultado relevante que se obteve foi de que, para a maioria das regiões metropolitanas, havia, inicialmente, uma tendência de maior centralização, representada por aumentos dos valores absolutos de β , que atingem valor máximo,

na maior parte dos casos nos anos de 1960 e 1970. Entretanto, para absolutamente todas as regiões metropolitanas analisadas, os valores absolutos de β apresentam tendência de queda após o ponto de máximo, representando um processo de descentralização. Contudo, esse processo de descentralização parece estar se tornando gradativamente mais fraco, o que é traduzido nas variações cada vez menores dos valores de β , ou seja, o processo de descentralização parece estar se desacelerando, de forma que β pareça caminhar em direção a um ponto estável, ou até em direção à reversão do que vinha ocorrendo, isto é, para uma maior centralização. Uma possível razão para esse comportamento nas décadas recentes poderia ser o crescente congestionamento e os limites por ele impostos.

6. Referência Bibliográfica

Brueckner, J.; Helsley, R. W. **Sprawl and blight**. *Journal of Urban Economics*. V. 69, p. 205-213, 2011.

Cardoso, L. **Transporte público, acessibilidade urbana e desigualdades socioespaciais na Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Belo Horizonte: UFMG, 2007. Tese (Doutorado) – Programa de Doutorado do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

Domingues, E. P.; Ruiz, R. M. **Aglomerações industriais e tecnológicas: origem do capital, inovação e localização**. *Economia e Sociedade*. V. 15, p. 515-543, 2013.

Dornelles, B. **Porto Alegre em destaque: história e cultura**. Porto Alegre: EDIPUCRD, 2004.

Ferreira, M. M. **Política e poder no Estado do Rio de Janeiro na República Velha**. *Revista do Rio de Janeiro*, V. 1 [1], p. 115-120, setembro/dezembro, 1985.

Ferreira, M. M. **Rio de Janeiro: uma cidade na história**. Rio de Janeiro: Ed. Fundação Getúlio Vargas, 2000.

Gaigné, C.; Riou, S.; Thisse, J.-F. **Are compact cities environmentally friendly?**. *Journal Of Urban Economics*. V. 72, p. 123-136, 2012.

Glaeser, E. **Triumph of the city: How Our Greatest Invention Makes Us Richer, Smarter, Greener, Healthier, and Happier**. Penguin Books, 2012.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Evolução da divisão territorial do Brasil 1872-2010 (documentos para disseminação – memória institucional 17)**. Diretoria de Geociências, Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **Sinopse do censo demográfico 2010 (tabela 1.6)**. Disponível em <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=6&uf=00>. 2010. Acessado em 14 novembro 2014.

_____. **Área geográfica publicada nos censos**. Disponível em <http://www.ipeadata.gov.br>. 2013. Acessado em 14 novembro 2014.

Kok, N.; Monkkonen, P.; Quigley, J. M. **Land use regulations and the value of land and housing: An intra-metropolitan analysis**. *Journal of Urban Economics*. V. 81, p. 136-148, 2014.

Kraus, M. **Monocentric cities**. in: Arnott, R. J.; McMillen D. P. *Urban Economics*. p. 128-140, 2008.

Laurida, H. **Optimisation of city size**. *Urban Studies*. V. 48(4), p. 737-747, 2011.

Malpezzi, S.; Bertaud, A. **The spatial distribution of population in 48 world cities: implications for economies in transition**. Madison, Estados Unidos: The University of Wisconsin, 2003.

Massara, V. M. **O perfil da infra-estrutura no município de São Paulo e sua relação com as transformações de uso do solo: o centro expandido e a região de São Miguel Paulista**. São Paulo: USP, 2002. Tese (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

McMillen, D. P. **Testing for Monocentricity**. in: Arnott, R. J.; McMillen D. P. *Urban Economics*. p. 128-140, 2008.

Nandwa, B.; Ogura, L. M. **Local urban growth controls and regional economic growth**. *The annals of regional science*. V. 51, p. 659-670, 2013.

Nechyba, T. J.; Walsh, R. P. **Urban sprawl**. *The Journal of Economic Perspectives*. V. 18 [4], p. 177-200, 2004.

O'Sullivan, A. **Urban Economics**. New York, Estados Unidos: McGraw Hill, 2003.

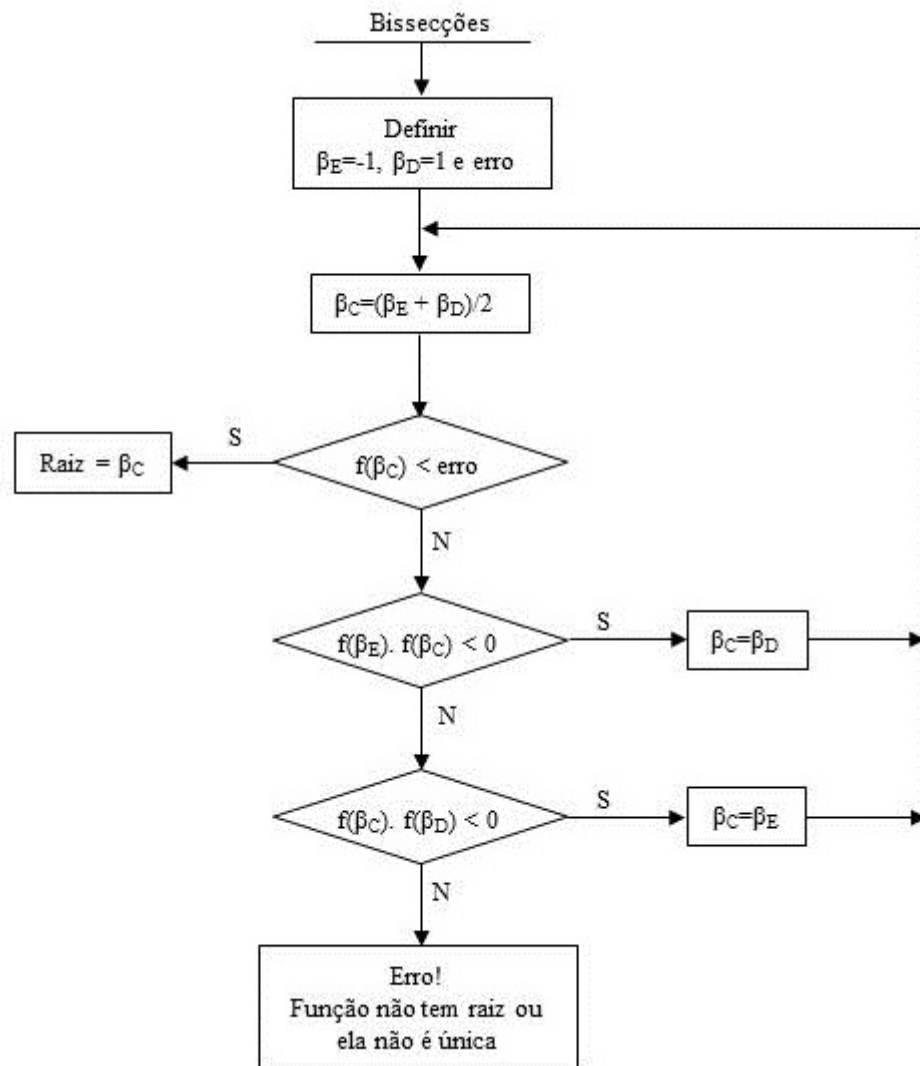
Pereira, R. H. M.; Nadalin, V.; Monasterio, L.; Albuquerque, P. H. M. **Quantificando a centralidade urbana: uma proposta de índice simples e comparação internacional**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2011.

Tatsch, A. L. **A relevância do local: convergências e divergências entre as abordagens sobre aglomerações**. *Economia e Sociedade*. V. 22, n. 2 (48), p. 457-482, ago. 2013.

Taunay, A. E. **História da cidade de São Paulo**. São Paulo: Ed. Melhoramentos, 1953.

Thomas, G. B. **Cálculo**. V. 1. 11ª ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009

Anexo A



Anexo B

Sol.m:

% Calcular os betas

```
%1-      1872 1900      1920      1940      1950
%2-Belo Horizonte      13472      55563      211377      346265
%3-Total      99636 130421      184888      393658      559511
%4-Pc/P      0      0,103296248      0,300522478      0,536955936      0,618870764
%5-Área (Km2)      339      222      334
%6-dc      0      0      10,38783189      8,406235467      10,31094089
%7-Beta      0      0      0      0      0
%
%dc --> linha 6
%pcp --> linha 4
%beta --> linha 7
```

```
close all;
clear all;
lin_ano=1;
lin_pcp=4;
lin_dc=6;
lin_beta=7;
```

```
% Vou usar o dc para indicar quando os dados estão completos
% Se dc=0, pulo a coluna
```

```
nome_base= input('Qual o nome do arquivo ? ','s');
%nome_base='BH';
nome=nome_base;
nome1=nome;
nome=strcat(nome, '.xlsx');
nome1=strcat(nome1, '1');
```

```
matriz=xlsread(nome);
[lin,col]=size(matriz);
x=[0:0.0001:1];
```

```
% Repetir para todas as colunas
fprintf(1,'Serão %d buscas.\n',col);
for (i=1:col)
    fprintf(1,'Busca[%d] - ',i)
    figure(i);
    if matriz(lin_dc,i) ~= 0
        pcp=matriz(lin_pcp,i);
        dc=matriz(lin_dc,i);
        beta=raiz(pcp,dc);
        fprintf(1,'retornou Beta=%f\n',beta);
        matriz(lin_beta,i)=beta;
        y=1-((1+x*dc).*exp(-x*dc));
        linha=pcp*ones(size(x));
        plot(x,y,'b',x,linha,'r');
```

```

        line([beta beta],[-1 1],'color','g');
        grid;
        msg=sprintf(' - ANO = %d',matriz(lin_ano,i));
        msg=strcat(nome_base,msg);
        title(msg);
        xlabel('Beta');
        ylabel('Pc/P');
        msg=sprintf('Pc/P=%6.5f',pcp);
        text(0.73,pcp+0.03,msg);
        msg=sprintf('Beta=%6.5f',beta);
        text(beta+0.02,0.03,msg);
        %pause;
    end
end
xlswrite(nome1,matriz);

fprintf(1,'Terminou\n');

```

Raiz.m

```

% Função para calcular a raiz de uma função
function beta = raiz (pcp,dc)

%fprintf(1,'recebidos pcp=%f e dc=%f\n',pcp,dc);

%x=[-1:0.0001:1];
%y=1-((1+x*dc).*exp(-x*dc));
%linha=pcp*ones(size(x));
%plot(x,y,'b',x,linha,'r');
%grid;
%pause;

limite = 1e-6;
esq=-1;
dir=1;
meio=(esq+dir)/2;
errom=abs(pcp-(1-(1+meio*dc*exp(-meio*dc))));

while errom >= limite
    %fprintf(1,'esq=%f meio=%f dir=%f ',esq,meio,dir);
    erroe=pcp-(1-((1+esq*dc).*exp(-esq*dc)));
    errom=pcp-(1-((1+meio*dc).*exp(-meio*dc)));
    errod=pcp-(1-((1+dir*dc).*exp(-dir*dc)));
    if erroe*errom < 0
        dir=meio;
        meio=(esq+dir)/2;
        %fprintf(1,'E\n');
    else
        esq=meio;
    end
end

```

```
        meio=(esq+dir)/2;
        %fprintf(1,'D\n');
    end
    errom=abs(errom);
    beta=meio;
    if esq==dir
        errom=0;
        beta=-1;
    end
    %pause;
end
fprintf(1,'Achei beta=%f\n',meio);
```

Anexo C

Dados da Região Metropolitana de Belo Horizonte

	1872	1900	1920	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000	2010
Baldim	-	-	-	-	9819	10264	9362	7567	8383	8155	7917
Vespasiano	-	-	-	-	5610	8335	12429	25046	54868	76422	104612
Betim	-	-	-	19930	16376	26960	37815	84193	170934	306675	377547
Brumadinho		-	-	10836	13018	14313	17874	18018	19308	26614	34013
Caeté	16756	20915	17917	20872	21911	28131	25166	30630	33251	36299	40786
Capim Branco	-	-	-	-	-	3134	4147	4930	6344	7900	8880
Confins	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4880	5943
Contagem	-	-	12140	-	6022	28065	111235	280470	449588	538017	603048
Esmeraldas	-	-	15399	10850	14311	15310	15698	16215	24298	47090	60153
Florestal	-	-	-	-	-	-	4430	4809	5053	5647	6603
Ibirité	-	-	-	-	-	-	19508	39967	92675	133044	159026
Igarapé	-	-	-	-	-	-	7675	16561	27400	24838	34879
Itaguara	-	-	-	-	7107	8325	9030	9763	10671	11302	12371
Itatiaiuçu	-	-	-	-	-	-	5330	5426	7366	8517	9938
Jaboticatubas	-	-	-	24874	16357	16536	12159	11569	12716	13530	17119
Nova União	-	-	-	-	-	-	3958	4066	4865	5427	5554
Juatuba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16389	22221
Lagoa Santa	-	-	-	6838	7738	11559	14053	19499	29824	37872	52526
Mário Campos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10535	13214
Mateus Leme	-	-	-	11165	11676	13338	11929	18659	27033	24144	27856
Matozinhos	-	-	-	-	9768	9109	8674	16201	23606	30164	32973
Nova Lima	-	8101	17448	29714	21932	28223	33992	41217	52400	64387	81162
Pedro Leopoldo	-	-	-	17821	15729	16382	20670	30007	41594	53957	58696
Raposos	-	-	-	-	6411	8402	10133	11801	14242	14289	15345
Ribeirão das Neves	-	-	-	-	-	6391	9707	67249	143853	246846	296376
Rio Acima	-	-	-	-	5276	5099	5118	5073	7066	7658	9095
Rio Manso	-	-	-	-	-	-	5214	4445	4461	4646	5267
Sabará	55449	51187	8045	11060	13310	23098	45149	64210	89740	115352	126219
Santa Luzia	27431	36746	58376	18321	10875	12753	25301	59893	137825	184903	203184
São Joaquim de Bicas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18152	25619
São José da Lapa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15000	19801
Sarzedo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17274	25798
Taquaraçu de Minas	-	-	-	-	-	4816	3443	2387	2240	1900	1873
Belo Horizonte	-	13472	55563	211377	346265	693328	1235030	1780839	2020161	2238526	2375444
Total RM	99636	130421	184888	393658	559511	991871	1724229	2680710	3521765	4356351	4881058
P_c/P	-	0,103	0,301	0,537	0,619	0,699	0,716	0,664	0,574	0,514	0,487
Área (Km²)	-	-	339,0	222,0	334,0	335,0	335,0	335,0	331,9	330,9	331,4
d_c	-	-	10,388	8,406	10,311	10,326	10,326	10,326	10,278	10,263	10,271
β	-	-	0,106	0,214	0,203	0,236	0,244	0,221	0,187	0,168	0,159

Fonte: IBGE (2011); IBGE (2013)

Anexo D

Dados da Região Metropolitana de Curitiba

	1872	1900	1920	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000	2010
Adrianópolis	-	-	-	-	-	-	11540	11122	8935	7007	6374
Agudos do Sul	-	-	-	-	-	-	5432	5195	6076	7221	8270
Almirante Tamandaré	-	3216	5749		8812	10220	15299	34157	66159	88277	103245
Araucária	-	6848	11280	10805	11524	16553	17117	34789	61889	94258	119207
Balsa Nova	-	-	-	-	-	-	4704	5293	7515	10153	11294
Bocaiúva do Sul	4656	3764	11524	17950	20490	18346	10697	12115	10657	9050	11005
Campina Grande do Sul	-	3315	5726	-	-	7982	7891	9800	19343	34566	38756
Campo do Tenente	-	-		-	-	-	4411	3847	5241	6335	7125
Campo Largo	6856	10968	19149	22549	26365	32272	34405	54834	72523	92782	112486
Campo Magro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20409	24836
Cerro Azul	-	8138	16589	28659	15696	17304	18363	20006	21073	16352	16948
Colombo	-	3490	5806		6331	8719	19258	62882	117767	183329	213027
Contenda	-	-	-	-	-	8361	7224	7558	8941	13241	15892
Doutor Ulysses	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6003	5734
Fazenda Rio Grande	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62877	81687
Itaperuçu	-	-	-	-		-	-	-	-	19344	23899
Lapa	8711	19905	25677	38883	32731	36556	32122	35031	40150	41838	44936
Mandirituba	-	-	-	-	-	-	11036	15444	38336	17540	22235
Piên	-	-	-	-	-	-	5353	5985	7745	9798	11214
Pinhais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	102985	117166
Piraquara	-	2398	3573	8322	11199	11578	21253	70641	106882	72886	93279
Quatro Barras	-	-	-	-	-	-	4066	5717	10007	16161	19786
Quitandinha	-	-	-	-	-	-	10853	12395	14418	15272	17088
Rio Branco do Sul	7357	6374	11288		16378	20429	25133	31780	38296	29341	30662
Rio Negro	4836	13980	17358	24980	28479	30263	18436	21665	26315	28710	31261
São José dos Pinhais	10823	14897	27918	32270	35768	28888	34124	70643	127455	204316	263488
Tijucas do Sul	-	-	-	-	-	12751	7848	8001	10224	12260	14526
Tunas do Paraná	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3611	6258
Curitiba	12651	49755	78986	140656	171453	361309	609026	1024980	1315035	1587315	1746896
Total RM	55890	147048	240623	325074	385226	621531	935591	1563880	2140982	2813237	3218580
P_c/P	0,226	0,338	0,328	0,433	0,445	0,581	0,651	0,655	0,614	0,564	0,543
Área (Km²)	-	-	609,0	1.301,0	431,0	431,0	431,0	431,0	430,9	430,0	435,3
d_c	-	-	13,923	20,350	11,713	11,713	11,713	11,713	11,712	11,699	11,771
β	-	-	0,084	0,072	0,129	0,167	0,190	0,191	0,177	0,162	0,155

Fonte: IBGE (2011); IBGE (2013)

Anexo E

Dados da Região Metropolitana de Fortaleza

	1872	1900	1920	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000	2010
Aquiraz	13641	5792	16507	20429	23870	26592	32507	45112	46305	60469	72651
Cascavel	23829	6099	26041	47475	53620	32942	39028	47677	46507	57129	66124
Caucaia	-	-	19753	30082	37832	42572	54754	94106	165099	250479	324738
Chorozinho	-	-	-	-	-	-	-	-	15492	18707	18920
Eusébio	-	-	-	-	-	-	-	-	20410	31500	46047
Guaiuba	-	-	-	-	-	-	-	-	17562	19884	24091
Horizonte	-	-	-	-	-	-	-	-	18283	33790	55154
Itaitinga	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29217	35838
Maracanaú	-	-	-	-	-	-	-	-	157151	179732	209748
Maranguape	16268	10656	25396	39212	41585	46205	59622	91137	71705	88135	112926
Pacajus	-	1819	7988	15543	19662	24143	33335	46981	31800	44070	61846
Pacatuba	7067	3054	13374	18523	19990	24458	31916	42106	60148	51696	72249
Pindoretama	-	-	-	-	-	-	-	-	12442	14951	18691
São Gonçalo do Amarante	-	-	-	39401	51399	20474	21003	24694	29286	35608	43947
Fortaleza	42458	22606	78536	180185	270169	514818	857980	1307608	1768637	2141402	2447409
Total RM	103263	50026	187595	390850	518127	732204	1130145	1699421	2460827	3056769	3610379
P_c/P	0,411	0,452	0,419	0,461	0,521	0,703	0,759	0,769	0,719	0,701	0,678
Área (Km²)	-	-	40,6	360,0	305,0	336,0	336,0	336,0	313,8	312,4	314,9
d_c	-	-	5,081	15,139	13,934	14,625	14,625	14,625	14,134	14,102	14,159
β	-	-	0,282	0,103	0,125	0,168	0,188	0,192	0,179	0,173	0,165

Fonte: IBGE (2011); IBGE (2013)

Anexo F

Dados da Região Metropolitana de Natal

	1872	1900	1920	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000
Ceará-Mirim	18064	10865	26319	21765	25739	34959	37930	40106	52157	62424
Extremoz	-	-	-	-	-	-	8991	8796	14941	19572
Macaíba	-	10913	17775	25014	40339	22104	29126	31270	43450	54883
Monte Alegre	-	-	-	-	-	10868	10929	13819	15871	18874
Nísia Floresta	7914	4700	6435	6511	7392	9676	9412	9982	13934	19040
Parnamirim	-	-	-	-	-	8918	14502	26362	63312	124690
São Gonçado do Amarante	-	11742	17231	20353	-	16785	18826	30797	45461	69435
São José de Mipibu	11144	12046	17875	25673	35265	18140	17312	20441	28151	34912
Vera Cruz	-	-	-	-	-	-	4857	6178	7970	8522
Natal	20392	16056	30696	54836	103215	162537	264379	416892	606887	712317
Total RM	57514	66322	116331	154152	211950	283987	416264	604643	892134	1124669
P_c/P	0,355	0,242	0,264	0,356	0,487	0,572	0,635	0,689	0,680	0,633
Área (Km²)	-	-	262,00	308,00	265,00	178,00	172,00	172,00	169,90	169,10
d_c	-	-	12,915	14,003	12,989	10,645	10,464	10,464	10,400	10,376
β	-	-	0,077	0,089	0,126	0,181	0,206	0,228	0,226	0,207

Fonte: IBGE (2011); IBGE (2013)

Anexo G

Dados da Região Metropolitana de Porto Alegre

	1872	1900	1920	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000	2010
Alvorada	-	-	-	-	-	-	40322	91384	142046	183968	195718
Araricá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4032	4868
Arroio dos Ratos	-	-	-	-	-	-	7904	9580	11824	13335	13608
Cachoeirinha	-	-	-	-	-	-	31002	63196	88195	107564	118294
Campo Bom	-	-	-	-	-	8541	16617	33785	47876	54018	60081
Canoas	-	-	-	17630	39826	104257	153730	220446	279127	306093	324025
Capela de Santana	-	-	-	-	-	-	-	-	7476	10032	11613
Charqueadas	-	-	-	-	-	-	-	-	24756	29961	35363
Dois Irmãos	-	-	-	-	-	11719	13803	15205	18951	22435	27572
Eldorado do Sul	-	-	-	-	-	-	-	-	17703	27268	34335
Esteio	-	-	-	-	-	22217	34597	50963	70547	80048	80669
Estância Velha	-	-	-	-	-	11493	8916	14229	28190	35132	42589
Glorinha	-	-	-	-	-	-	-	-	4587	5684	6885
Guaíba	-	-	-	21220	22796	21900	33680	55041	83102	94307	95230
Gravataí	-	12855	20394	22894	27853	46271	52462	107437	181035	232629	255762
Igrejinha	-	-	-	-	-	-	7062	12027	20514	26767	31663
Ivoti	-	-	-	-	-	-	7070	8878	16326	15318	19877
Montenegro	-	27894	45871	47713	50385	56953	46676	48816	49099	54692	59436
Nova Hartz	-	-	-	-	-	-	-	-	10013	15071	18346
Nova Santa Rita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15750	22706
Novo Hamburgo	-	-	-	19251	29447	53916	85364	136494	205668	236193	239051
Parobé	-	-	-	-	-	-	-	-	31995	44776	51481
Portão	-	-	-	-	-	-	7501	10729	19489	24657	30881
Rolante	-	-	-	-	-	16381	14866	11769	13420	17851	19493
Santo Antônio da Patrulha	24915	20584	40273	59735	67292	54738	53626	41363	40607	37035	39679
Sapiranga	-	-	-	-	-	11984	16402	37288	58675	69189	75020
Sapucaia do Sul	-	-	-	-	-	-	41742	79361	104885	122751	130988
São Jerônimo	6518	14262	22719	38269	49841	57584	38279	46867	27684	20283	22141
São Leopoldo	30860	28812	47501	52049	75601	63938	64433	98588	167907	193547	214210
Taquara	-	27146	40231	54327	51585	33010	31167	41376	42467	52825	54656
Triunfo	11286	6111	10197	11687	12659	12904	14608	13854	17923	22166	25811
Viamão	-	11331	15503	17313	20954	50803	66443	117670	169176	227429	239234
Porto Alegre	43998	73674	179263	272232	385624	641173	885545	1125478	1263403	1360590	1409939
Total RM	117577	222669	421952	634320	833863	1279782	1773817	2491824	3264666	3763396	4011224
P_c/P	0,374	0,331	0,425	0,429	0,462	0,501	0,499	0,452	0,387	0,362	0,351
Área (Km²)	-	-	2.460,0	415,0	482,0	497,0	497,0	497,0	502,5	495,5	496,7
d_c	-	-	27,983	11,493	12,386	12,578	12,578	12,578	12,647	12,559	12,574
β	-	-	0,052	0,127	0,126	0,134	0,133	0,122	0,106	0,101	0,099

Fonte: IBGE (2011); IBGE (2013)

Anexo H

Dados da Região Metropolitana de Recife

	1872	1900	1920	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000	2010
Abreu e Lima	-	-	-	-	-	-	-	-	77035	89039	94428
Araçoiaba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15108	18144
Cabo de Santo Agostinho	21520	21634	31911	30575	36007	51883	75829	104155	127036	152977	185123
Camaragibe	-	-	-	-	-	-	-	-	99407	128702	144506
Igarassu	16186	25807	30918	26278	33985	43438	55079	73254	79837	82277	101987
Ilha de Itamaracá	-	-	-	-	-	-	7117	8254	11606	15858	22449
Ipojuca	19420	12494	21331	22621	24153	34642	35851	39452	45424	59281	80542
Itapissuma	-	-	-	-	-	-	-	-	16408	20116	23723
Jaboatão dos Guararapes	-	22939	48087	35847	57278	105261	200975	330416	487119	581556	644699
Moreno	-	-	-	18970	23095	29709	31204	34943	39132	49205	56767
Olinda	12419	18804	52199	36712	62435	109953	196342	282207	341394	367902	375559
Paulista	-	-	-	29543	48103	51897	70059	165743	211491	262237	300611
São Lourenço da Mata	-	14665	26993	27497	33671	51108	94016	144142	85861	90402	102956
Recife	116671	113106	238843	348424	524682	797234	1060701	1203887	1298229	1422905	1536934
Total RM	186216	229449	450282	576467	843409	1275125	1827173	2386453	2919979	3337565	3688428
P_c/P	0,627	0,493	0,530	0,604	0,622	0,625	0,581	0,504	0,445	0,426	0,417
Área (Km²)	-	-	158,0	155,0	146,0	209,0	209,0	209,0	218,7	217,8	218,5
d_c	-	-	10,029	9,934	9,641	11,535	11,535	11,535	11,800	11,775	11,794
β	-	-	0,177	0,205	0,219	0,184	0,169	0,147	0,128	0,123	0,121

Fonte: IBGE (2011); IBGE (2013)

Anexo I

Dados da Região Metropolitana do Rio de Janeiro

	1872	1900	1920	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000	2010
Belford Roxo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	434474	469261
Cachoeiras de Macacu	9348	11046	16010	14069	16272	27064	33793	35871	40208	48543	54370
Duque de Caxias	-	-	-	-	92459	243619	431397	575830	667821	775456	855046
Guapimirim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37952	51487
Itaboraí	24134	21194	27760	24370	30228	41739	65912	114542	162742	187479	218090
Itaguaí	13875	11177	15771	15920	29566	44511	55839	90131	113057	82003	109163
Japeri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83278	95391
Magé	27291	16050	18816	23401	36761	59076	113023	166603	191734	205830	228150
Maricá	16218	10270	18037	18892	18976	19468	23664	32618	46545	76737	127519
Mesquita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	168403
Nilópolis	-	-	-	-	46406	96553	128011	151585	158092	153712	157483
Niterói	47548	30869	86238	142407	182039	245467	324246	397135	436155	459451	487327
Nova Iguaçu	21065	18629	33396	140606	145649	359364	727140	1094789	1297704	920599	795212
Paracambi	-	-	-	-	-	-	25368	30310	36427	40475	47074
Queimados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121993	137938
Rio Bonito	25872	18367	24999	22831	25157	27694	34434	40038	45161	49691	55586
São Gonçalo	-	19298	47019	89528	127276	247754	430271	615351	779832	891119	999901
São João de Meriti	-	-	-	-	76462	191734	302394	398819	425772	449476	459356
Seropédica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65260	78183
Tanguá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26057	30731
Rio de Janeiro	274972	746749	1157873	1764141	2377451	3307163	4251918	5090723	5480768	5857904	6323037
Total RM	460323	903649	1445919	2256165	3204702	4911206	6947410	8834345	9882018	10967489	11948708
P_j/P	0,597	0,826	0,801	0,782	0,742	0,673	0,612	0,576	0,555	0,534	0,529
Área (Km²)	-	-	1.167,0	1.167,0	1.171,0	1.171,0	1.171,0	1.171,0	1.264,2	1.261,1	1.200,3
d_c	-	-	27,257	27,257	27,304	27,304	27,304	27,304	28,369	28,334	27,643
β	-	-	0,110	0,106	0,097	0,085	0,076	0,071	0,066	0,063	0,064

Fonte: IBGE (2011); IBGE (2013)

Anexo K

Dados da Região Metropolitana de Salvador

	1872	1900	1920	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000	2010
Camaçari	19257	5815	16995	11188	13800	21849	33273	89164	113639	161727	242984
Candeias	-	-	-	-	-	18484	34195	54081	67941	76783	83077
Dias d'Ávila	-	-	-	-	-	-	-	-	31260	45333	66373
Itaparica	10120	6580	20605	19378	21433	25276	8391	10877	15055	18945	20760
Lauro de Freitas	-	-	-	-	-	-	10007	35431	69270	113543	163414
Madre de Deus	-	-	-	-	-	-	-	-	9183	12036	17384
Mata de São João	7804	8184	17870	16672	17651	23393	27188	32661	30535	32568	40210
Pojuca	-	-	9058	10009	6911	8575	12070	16112	22485	26203	33064
Vera Cruz	-	-	-	-	-	-	12003	13749	22136	29750	37587
Simões Filho	-	-	-	-	-	-	22019	43571	72526	94066	118020
São Francisco do Conde	44445	20553	32893	14157	11077	18455	20738	17838	20238	26282	33172
São Sebastião do Passé	-	-	-	20303	21135	23963	24871	32312	36825	39960	42153
Salvador	129109	97642	283422	290443	417235	655735	1007195	1502013	2075273	2443107	2676606
Total RM	210735	138774	380843	382150	509242	795730	1211950	1847809	2586366	3120303	3574804
P_c/P	0,613	0,704	0,744	0,760	0,819	0,824	0,831	0,813	0,802	0,783	0,749
Área (Km²)	-	-	550,0	1.016,0	760,0	631,0	294,0	324,0	709,5	324,5	693,3
d_c	-	-	18,712	25,432	21,996	20,043	13,681	14,362	21,253	14,373	21,009
β	-	-	0,142	0,108	0,142	0,158	0,235	0,215	0,142	0,201	0,128

Fonte: IBGE (2011); IBGE (2013)

Anexo L

Dados da Região Metropolitana de São Paulo

	1872	1900	1920	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000	2010
Arujá	-	-	-	-	-	5758	9571	17487	37622	59185	74818
Barueri	-	-	-	-	10447	31562	37808	75338	130799	208281	240656
Biritiba Mirim	-	-	-	-	-	-	9033	13374	17833	24653	28573
Caieiras	-	-	-	-	-	9405	15563	25156	39069	71221	86623
Cajamar	-	-	-	-	-	6438	10355	21942	33736	50761	64113
Carapicuíba	-	-	-	-	-	-	54873	185822	283661	344596	369908
Cotia	5024	4982	9340	11387	18487	17906	30924	62948	107453	148987	201023
Diadema	-	-	-	-	-	12308	78914	228663	305287	357064	386039
Embu das Artes	-	-	-	-	-	5041	18141	95800	155990	207663	240007
Embú-Guaçu	-	-	-	-	-	-	10280	21038	36277	56916	62846
Ferraz de Vasconcelos	-	-	-	-	-	10167	25134	55046	96166	142377	168290
Francisco Morato	-	-	-	-	-	-	11231	28537	83885	133738	154538
Franco da Rocha	-	-	-	-	26055	27930	36303	50794	85535	108122	131603
Guararema	-	4314	8666	7315	8277	7688	12638	15105	17961	21904	25861
Guarulhos	-	3455	5961	13439	34683	101273	236811	532724	787866	1072717	1222357
Itapeckerica da Serra	-	10480	11830	14304	21924	24889	25314	60473	93146	129685	152380
Itapevi	-	-	-	-	-	10182	27569	53442	107976	162433	200874
Itaquaquecetuba	-	-	-	-	-	11456	29114	73068	164957	272942	321854
Jandira	-	-	-	-	-	-	12499	36043	62697	91807	108436
Juquitiba	-	-	-	-	-	-	7267	12497	19969	26459	28732
Mairiporã	-	5263	9096	24851	9386	12842	19584	27540	39937	60111	80920
Mauá	-	-	-	-	-	28924	101700	205736	294998	363392	417281
Mogi das Cruzes	16579	15694	29158	48322	61553	100194	138751	197935	273175	330241	387241
Osasco	-	-	-	-	-	-	283073	474544	568225	652593	666469
Pirapora do Bom Jesus	-	-	-	-	-	2490	3694	4814	7956	12395	15727
Poá	-	-	-	-	11697	16591	32373	52787	76302	95801	106033
Ribeirão Pires	-	-	-	-	-	21205	29048	56530	85085	104508	113043
Rio Grande da Serra	-	-	-	-	-	-	8397	20091	29901	37091	44084
Salesópolis	4103	7676	7426	7379	8720	9130	9557	10657	11359	14357	15639
Santa Isabel	8821	6657	8540	12945	15734	11787	17161	29013	37975	43740	50464
Santana de Parnaíba	3338	7406	7981	11968	10411	5244	5390	10098	37762	74828	108875
Santo André	-	-	-	89874	127032	245147	418826	553077	616991	649331	673914
São Bernardo do Campo	-	10124	25215	-	29295	82411	201662	425611	566893	703177	765203
São Caetano do Sul	-	-	-	-	59832	114421	150130	163086	149519	140159	149571
São Lourenço da Serra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12199	13985
Vargem Grande Paulista	-	-	-	-	-	-	-	-	15870	32683	42946
Suzano	-	-	-	-	11157	26332	55460	101056	158839	228690	262568
Taboão da Serra	-	-	-	-	-	7173	40945	97656	160084	197644	244719
São Paulo	31385	239820	579033	1326261	2198096	3825351	5978977	8587665	9626894	10405867	11253503
Total RM	69250	315871	702246	1568045	2662786	4791245	8194070	12683193	15425650	17850318	19681716
P_J/P	0,453	0,759	0,825	0,846	0,825	0,798	0,730	0,677	0,624	0,583	0,572

	1872	1900	1920	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000	2010
Área (Km ²)	-	-	897,0	1.484,0	1.593,0	1.622,0	1.493,0	1.493,0	1.528,5	1.525,0	1.523,3
d _c	-	-	16,897	21,734	22,518	22,722	21,800	21,800	22,058	22,032	22,020
β	-	-	0,187	0,154	0,141	0,131	0,119	0,107	0,096	0,089	0,087

Fonte:

IBGE (2011); IBGE (2013)